



**TECHNICKÁ
UNIVERZITA V LIBERCI**



Fakulta strojní

Katedra materiálu

Studijní program

N 2301 Strojní inženýrství

Obor

2303 T 002 Strojírenská technologie

Zaměření

Materiálové inženýrství

**Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro
brzdové kotouče**

**The chemical composition influence on properties of graphite cast iron
intended for brake discs**

KMT – 260

Bc. Petr Matějka

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Karel Daďourek, CSc.

Rozsah práce a příloh

Počet stran:	46
Počet příloh:	9
Počet obrázků:	38
Počet tabulek:	16

V Liberci květen 2009



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Katedra materiálů

Studijní rok: 2008/09

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Bc. Petr M A T Ě J K A
studijní program	N 2301 Strojní inženýrství
obor	2303 T 002 Strojírenská technologie
zaměření	Materiálové inženýrství

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Zásady pro vypracování:

(uved'te hlavní cíle magisterské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Zpracujte rešerši o základních vlivech na strukturu a vlastnosti grafitických litin s ohledem na použití u brzdových kotoučů
2. Proved'te experimenty k ověření vlivu chemického složení na strukturu a mechanické vlastnosti grafitických litin.
3. Vyhodno'te experimenty z hlediska vhodnosti grafitické litiny pro brzdové kotouče.
4. Formulujte závěry a doporučení.

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva v rozsahu 40 - 50 stran
- přílohy

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

- [1] P. Skočovský, T. Podrábský : Grafitické litiny, EDIT ŽU, Žilina 2005
- [2] F. Píšek a kol : Nauka o materiálu I/4, Academia, Praha, 1975

Vedoucí diplomové práce:
Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Karel Daňourek, CSc.
Ing. Blanka Fejtová



doc. Ing. František STUHLÍK, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Petr LOUDA, CSc.
děkan

V Liberci dne 31.03. 2009

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



Katedra materiálu FS

Hálkova 6, 461 17 Liberec

ANOTACE

FAKULTA:	Strojní
KATEDRA:	Materiálu
STUDIJNÍ PROGRAM:	N 2301 Strojní inženýrství
OBOR:	2303 T 002 Strojírenská technologie
ZAMĚŘENÍ:	Materiálové inženýrství
ZPRACOVAL:	Petr Matějka
TÉMA PRÁCE:	Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče
VEDOUcí DP:	doc. Ing. Karel Daďourek, CSc.
KLÍČOVÁ SLOVA:	brzdové kotouče, zkoušky brzdových kotoučů, struktura, chemické složení

Tato práce se zabývá vlivem chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče vyráběné ve firmě TRW Automotive Aftermarket Operations Frýdlant

Teoretická část této diplomové práce přináší základ a podklady pro vytvoření části experimentální. V teoretické části jsou vysvětleny pochody vedoucí od výroby litiny, zejména s lupínkovým grafitem, následné její hodnocení a zkoušení různými metodami.

V praktické části jsou zpracována data z provedených expertíz. Tato data jsou doplněna údaji z technologických a provozních zkoušek zjištěných v průběhu obrábění a v průběhu dynamického testování hotových kotoučů. Zjištěné hodnoty strukturně mechanických vlastností jsou vyhodnoceny a podrobeny diskusi.

TECHNICAL UNIVERSITY LIBEREC



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF MATERIAL

Hálkova 6, 461 17 Liberec

ANNOTATION

FAKULTA:	Mechanical
KATEDRA:	Material
STUDYING PROGRAMME:	N 2301 Mechanical Engineering
FIELD:	2303 T 002 Engineering technology
SPECIALIZATION:	Material Engineering
AUTHOR:	Petr Matějka
THEMA OF THESIS:	The chemical composition influence on properties of graphite cast iron intended for brake discs
LEADER OF THE THESIS:	doc. Ing. Karel Dadourek, CSc.
KEYWORDS:	brake disc, test/measuring of brake disc, structure, chemical composition

This thesis deals with the chemical composition influence on properties of graphite cast iron intended for brake discs produced at TRW Aftermarket Operations Frydlant.

The theoretical part of the thesis brings the data and suitable background for creating the experimental part. In the theoretical part there are the procedures leading from the production of cast iron especially with the laminated graphite, following its evaluation and testing with different methods.

In the practical part of the thesis, the data from the previous expert's reports are processed. The data are completed from the technological and operational test and measuring proven during machining and during dynamic measuring of completed discs. Established values of structural mechanical features are evaluated from the point of time and they are discussed.

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména paragraf 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložil na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce.

V Liberci dne:

.....

Petr Matějka

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali při řešení této diplomové práce, především vedoucímu práce panu doc. Ing. Karlu Daďourkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a pomoc při orientaci v problematice, dále Ing. Blance Fejtové, Ing. Radku Pokornému za praktické rady při vyhodnocování a experimentálních činnostech.

.....
Petr Matějka

Seznam použitých zkratk

označení	název	jednotka
F...	síla	[N]
Rm...	mez pevnosti	[MPa]
E...	modul pružnosti v tahu	[GPa]
CE...	uhlíkový ekvivalent	[]
T...	teplota Celsiova	[°C]
t...	čas	[s]
HB...	tvrdost podle Brinella	[-]
ρ	hustota	[kg/m ³]
Sc	stupeň eutektičnosti	[]
G	modul pružnosti ve stříhu	[GPa]
σ ...	normálové napětí	[MPa]
ε ...	poměrné prodloužení	[]
A...	tažnost	[%]
Z...	kontrakce	[%]
l, lo...	délka, počáteční délka	[mm]
So...	počáteční průřez	[mm ²]
Rp,Rp _{0,2} ...	mez kluzu (smluvní)	[MPa]
do	počáteční průměr	[mm]
A	plocha vtisku	[mm ²]
μ	součinitel tření	[]
Mk	kroučící moment	[Nm]
P	tlak	[bar]
V	objem	[ml]

Obsah diplomové práce

1. ÚVOD	1
2. TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1 Brzdové kotouče firmy TRW.	2
2.2 Funkce brzdových kotoučů	2
2.3 Kvalita výrobku	3
2.4 Technologie výroby odlitků	3
2.4.1 METALURGICKÁ PŘÍPRAVA TEKUTÉ LITINY	4
2.4.2 SLÉVÁRENSKÁ TECHNOLOGIE	4
2.5 Litiny	5
2.5.1 DEFINICE LITIN	5
2.5.2 DRUHY LITIN	5
<u>2.5.2.1 Litiny s lupínkovým grafitem GJL (LLG)</u>	6-8
<u>2.5.2.2 Litiny s kuličkovým grafitem GJS (LKG)</u>	9
<u>2.5.2.3 Litiny s červíčkovým grafitem GJV</u>	9
<u>2.5.2.4 Temperovaná litina GJM</u>	10
2.5.3 GRAFIT	10
2.5.3.1 Hodnocení grafitu dle tvaru	11
2.5.3.2 Hodnocení dle rozložení grafitu	12
2.5.4 FAKTORY ROZHODUJÍCÍ O VZNIKU GRAFITICKÝCH LITIN ...	12
2.5.5 STABILNÍ SOUSTAVA FE – C	13
2.5.6 KRYSTALIZACE LITIN	14
<u>2.5.6.1 Krystalizace nadeutektických litin</u>	15
<u>2.5.6.2 Krystalizace podeutektických litin</u>	15
2.5.7 VLIV PŘÍSAADOVÝCH A LEGUJÍCÍCH PRVKŮ NA VLASTNOSTI LITIN	16
<u>2.5.7.1 Vliv křemíku</u>	16
<u>2.5.7.2 Vliv fosforu</u>	17
<u>2.5.7.3 Vliv manganu a síry</u>	17
<u>2.5.7.4 Vliv mědi</u>	17
<u>2.5.7.5 Vliv vanadu</u>	18
<u>2.5.7.6 Vliv chromu</u>	18
<u>2.5.7.7 Vliv molybdenu</u>	18

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

2.5.7.8 Vliv niklu	18
2.5.8 MODIFIKACE A OČKOVÁNÍ LITIN	18
2.5.8.1 Modifikace	18
2.5.8.2 Očkování	19
2.5.9 HODNOCENÍ LITIN DLE CHEMICKÉHO SLOŽENÍ	19-20
2.5.10 TŘÍDĚNÍ A ZNAČENÍ LITIN S LUPÍNKOVÝM GRAFITEM	21
2.5.10.1 Značení mikrostruktury	21
2.5.10.2 Značení litin s lupínkovým grafitem	21
2.5.11 PORUŠOVÁNÍ LITIN S LUPÍNKOVÝM GRAFITEM	22
2.6 Vlastnosti materiálu	23
2.6.1 PRUŽNOST	23
2.6.2 PEVNOST	24
2.6.2.1 Tahová zkouška	24
2.6.2.2 Zkušební tyče	25
2.6.2.3 Tvary pracovních diagramů dle materiálu	26
2.6.2.4 Vyhodnocování zkoušky pevnosti litin s lupínkovým grafitem	27
2.6.3 TVRDOST	27
2.6.3.1 Princip měření dle Brinella	27
2.6.3.2 Výsledky měření dle Brinella	28
2.6.3.3 Výpočet tvrdosti dle Brinella	29
2.6.4 DRSNOST	29
2.6.4.1 Vyhodnocení měření drsnosti	30
2.7 Nedestruktivní zkoumání materiálu	30
3.PRAKTICKÁ ČÁST	31-32
3.1 Měření tvrdosti	33
3.2 Ověření struktury	34-36
3.3 Prověření obrobitelnosti	37
3.4 Měření na dynamometru	38
3.4.1 DRSNOST A DTV	39
3.4.2 MĚŘENÍ TŘECÍCH VLASTNOTÍ	40
3.5 Vyhodnocení výsledků	41
3.5.1. VYHODNOCENÍ VLIVU ROZLOŽENÍ GRAFITU NA OBROBITELNOST	41

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

3.5.2. VYHODNOCENÍ VLIVU CHEMICKÉHO SLOŽENÍ NA OBROBITELNOST	..... 42
3.5.3. VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK NA DYNOTESTU	..... 43
3.5.4. VYHODNOCENÍ TVRDOSTI	..... 44
4. ZÁVĚR	..... 45-46
<i>Seznam použité literatury</i>	
<i>Přílohy</i>	

1. ÚVOD

Předmětem zkoumání jsou odlitky a obrobky brzdových kotoučů, které jsou odlévány ve slévárně Brzdové Automobilové Kotouče s.r.o. v Hradci Králové (BAK), jež je součástí anglické firmy Precision Disc Castings Ltd (PDC) a obráběné společností TRW Automotive Aftermarket Operations Frýdlant. Tyto brzdové kotouče jsou určeny pro použití v osobních automobilech a jsou součástí kompletního brzdového systému dodávaného firmou TRW.

Firma TRW ve Frýdlantu se zabývá výrobou brzdových kotoučů na osobní automobily již od svého založení v roce 1998. V průběhu tohoto období se jejími dodavateli odlitků pro brzdové kotouče stalo mnoho firem specializujících se na tento druh výrobků jako například: TORBOLE, LINGOTES, BUDERUS, FORD, PILENGA, FERAMO Brno, a také PDS a BAK.

Brzdové kotouče se dělí do dvou základních skupin a to na Nevětrané a Větrané. Nevětrané kotouče se převážně používají u slabších vozů pro brzdění přední nápravy a pro silnější vozy na brzdění zadní nápravy. Naproti tomu Větrané kotouče mají své uplatnění u silnějších a těžších vozů, kde je požadován větší brzdny účinek, při němž dochází ke značnému ohřevu kotoučů, které je nutné chladit náporem vzduchu, což je zajišťováno pomocí žebrování v kotouči, jímž je vzduch rovnoměrně rozváděn zahřátým kotoučem.

Vzhledem k tomu, že jsou brzdové kotouče na vozidle klasifikovány jako významný bezpečnostní díl, je kladen vysoký důraz na kvalitu výroby a na kvalitu vstupního materiálu odlitku. Materiál je navrhován dle požadavků daných zákazníkem, který specifikuje mechanické a frikční vlastnosti jednotlivých typů brzdových kotoučů.

Při zavádění nového typu brzdového kotouče do výroby jsou prováděné ne jen metalografické rozbory materiálu odlitků, ale následně také frikční zkoušky životnosti a spolehlivosti finálních výrobků.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Brzdové kotouče firmy TRW

Brzdové kotouče které jsou předmětem zkoumání v této práci jsou jedny z mnoha typů vyráběných v TRW automotive ve Frýdlantu. Jedná se o kotouče , které jsou určeny pro



OBR.1 Náhradní spotřebu, označované jako DF 1225, DF 2591 a DF 4376 . Příklad brzdového kotouče ukazuje (**obr.1**). Uvedené brzdové kotouče mají použití pro osobní vozy Citroen, Fiat, Peugeot, Nisan a Opel . Jedná se o větrané kotouče pro přední brzdy

2.2 Funkce brzdových kotoučů

Brzdové kotouče společně s brzdovými destičkami a třmeny tvoří základ brzdové soustavy vozidel. Po sešlápnutí brzdového pedálu a vytvoření tlaku kapaliny v brzdové soustavě dojde k posunu pístu z brzdového třmenu. Ten vyvine tlak na brzdové destičky , které sevřou brzdový kotouč, jenž je připevněn k náboji kola a tím dojde ke zpomalení až zastavení. Brzdný účinek je vyvolán třením mezi brzdovými kotouči a destičkami.

Na frikční vlastnosti mají v zásadě vliv dva parametry. Těmi jsou: materiálové složení a způsob výroby destiček a kotoučů. Materiálové složení a technologie výroby brzdových destiček je know how každého výrobce a ten si jej bedlivě střeží. Oproti tomu informace o materiálu a technologii výroby brzdových kotoučů jsou snadněji dostupné.

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Standartně se brzdové kotouče vyrábějí z odlitků z šedé litiny jejíž parametry a



OBR.2 vlastnosti se mění dle požadavku zákazníka v závislosti na účelu jejich použití (nevětrané, větrané, větrané odlehčené (**obr.2**) atd.) Méně častá je výroba brzdových kotoučů z různých keramických materiálů. Takto vyrobené kotouče se používají spíše jen pro závodní vozy a zatím jsou pro běžné produkční vozy nedostupné (velmi vysoká cena) V této práci se budeme zabývat kotouči z šedé litiny.

2.3 Kvalita výroby

Je nutné si uvědomit, že jakékoliv výkyvy v kvalitě a výrobní jakosti vede k velkým ekonomickým ztrátám. Toto je podnětem pro neustálé zlepšování v oblasti výroby a vývoje.

V oblasti výroby odlitků i finálních obrobků se pomocí zavádění standardů ISO, Kaizen a Six sigma zajišťuje dodržování kvalitativních parametrů.

Oblast vývoje je zaměřena jednak na konstrukci jednotlivých typů kotoučů tak i na vývoj materiálového složení a vlastností samotného odlitku.

Veškeré tyto činnosti vyplývají ze stále se zvyšujících požadavků zákazníků na zajištění vysoké účinnosti brzdných vlastností za pokud možno co nejnižší cenu výrobku.

2.4 Technologie výroby odlitků

Funkčnost brzdovým kotoučům dává již konstruktér svým tvarovým řešením s přihlédnutím k zvláštnostem technologie výroby odlitků ze šedé litiny.

Lze říci, že stav znalostí o zákonitostech chování litiny a o jejich konstrukčních vlastnostech za znalostí o oceli zaostává. Je to způsobeno zejména tím, že litiny jsou jako konstrukční materiál podceňovány, přestože jsou stále více využívány pro výrobu řady odlitků pracujících za náročných podmínek namáhání. [20]

2.4.1 METALURGICKÁ PŘÍPRAVA TEKUTÉ LITINY

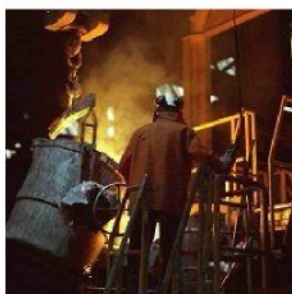
Litiny se vyrábějí v kuplovnách nebo elektrických pecích. Účelem je úprava chemického složení, především obsahu C a odstranění škodlivých přísad ze surovin, z kterých se litina vyrábí. Kuplovný pro kvalitnější litinu s vyššími pevnostními vlastnostmi nejsou nejvhodnějšími tavicími agregáty z důvodu nemožnosti většího odsíření a propalu legujících prvků. K těmto účelům se používají elektrické pece, které pracují jako pece indukční, nebo obloukové. V elektrických pecích se litina vyrábí

a) Synteticky, kdy vsázku tvoří ocelový odpad a nahliučující přísady (dřevěné uhlí, slévárenský koks, drcené grafitové elektrody)

b) Přetavováním surových želez a litinového odpadu, bez nahličovacího procesu. [6]

2.4.2 SLÉVÁRENSKÁ TECHNOLOGIE

Ve slévárně BAK pro lití používají 2 plně automatické modulovací linky . Tavení probíhá



ve dvou šestitunových inductotermických hutních pecích (*obr.3*) do kterých je materiál rozdáván předehřívacími jednotkami pro automatické lití. Kontrolní Laserový systém na každé lince kontroluje tekoucí kov.

Hutní pec při 100 zaměstnancích vyprodukuje 30000 tun odlitků ročně. Kvalita je zajištěna pomocí přímé kontroly v tamní moderní metalografické laboratoři. Dále je proces statistické kontroly na veškeré

OBR.3

licí procesy od tavení a modelace po kontrolu kvality písku.[2]

Kovovou vsázku tvoří zhruba z poloviny housky surového železa, z poloviny odpad ze slévárny (zmetky, nálitky, vtoky) a šrot. Tavidla se používají ke zlepšení tekutosti strusky. Po určité době, při níž se v nístěji nahromadí litina v dostatečném množství, se provádí plynulý odběr.. Očkování, které zajišťuje jemnou a rovnoměrnou krystalizaci se provádí do proudu kovu do licí pánve [6] Ve slévárně BAK se používá k očkování látka CSF10. (viz příloha)

2.5 Litiny

2.5.1 DEFINICE LITIN

Vzhledem k tomu, že zkoumaným materiálem na kterém byly prováděny experimentální práce je litina pro brzdové kotouče, uvádím zde na úvod její základní rozdělení a charakteristiky.

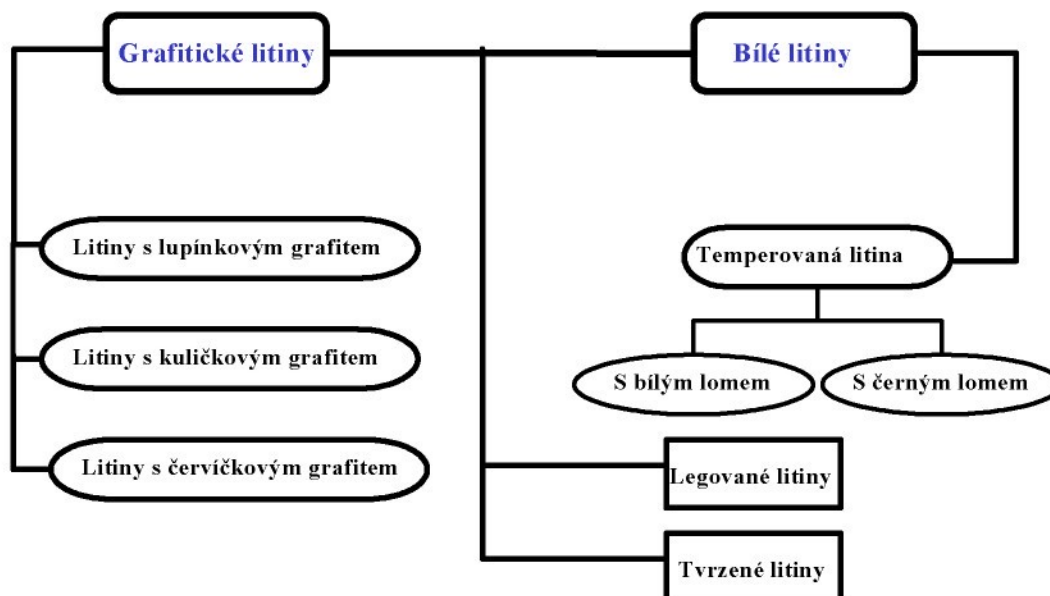
Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků (případně přísadových prvků – legované litiny), s obsahem uhlíku vyšším než je maximální rozpustnost uhlíku v austenitu (2%) za eutektické teploty určené na výrobu odlitků. [1] Vedle vyššího obsahu C litiny obsahují i vyšší množství příměsí. Zejména Si, manganu (Mn), fosforu (P) a síry (S), než-li je tomu u oceli. K nejdůležitějším přísadám patří Si, pohybující se v rozmezí 0,3 - 4 %. Litiny proto bývají považovány za ternární slitiny Fe-C-Si. [8]

2.5.2 DRUHY LITIN

Struktura litin je tvořena primární fází a eutektikem. Při tuhnutí podle stabilního systému vzniká grafitické eutektikum, které je tvořeno austenitem a uhlíkem, jenž je vyloučený v některé z morfologických forem grafitu. Tyto litiny se nazývají litiny grafitické. Při tuhnutí podle metastabilního systému je eutektikem ledeburitickým. Ve struktuře není přítomen volný grafit a takové litiny se nazývají bílé nebo-li karbidické. Rozdělení grafitických a bílých litin (*dle obrázku 4*). Je nutno si uvědomit, že temperované litiny patří ve své podstatě do kategorie litin grafitických z bílé litiny se však vyrábějí.

Základním kritériem pro určení druhu litin je zejména tvar vyloučeného grafitu. Názvy jednotlivých druhů litin, značky a číselné označení zde uvedené, respektují normu ČSN EN 1560. [8]

V další části se budeme zabývat grafitickými litinami, zejména pak litinou s lupínkovým grafitem která je používána k výrobě zkoumaných odlitků brzdových kotoučů.



OBR.4 ROZDĚLENÍ LITIN

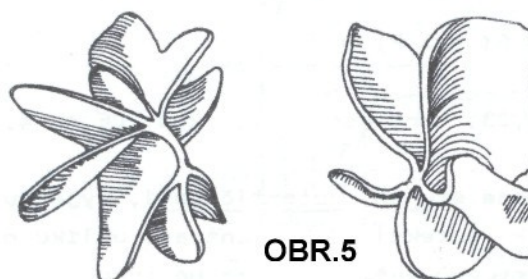
Vlastnosti kterékoliv grafitické litiny určují vlastnosti ocelové základní hmoty, které jsou sníženy více či méně grafitem v závislosti na jeho tvaru, velikosti a rozložení. Strukturu matrice grafitických litin po odlití tvoří obvykle perlit, ferit nebo jejich směs. Perlit je nejčastěji lamelární a s jeho rostoucím podílem se zvyšuje pevnost, tvrdost, odolnost proti opotřebení a klesá tažnost a houževnatost. Vzdávající množství feritu v matrici se projeví snížením pevnostních vlastností a zvýšením tažnosti a houževnatosti.

Cementit je v grafitických litinách nežádoucí, protože zvyšuje jejich tvrdost a křehkost a zhoršuje obrobiteľnosť.[14]

2.5.2.1 Litiny s lupínkovým grafitem GJL (LLG)

Dříve nazývané jako šedé litiny, mají ve struktuře grafit ve tvaru prostorových útvarů (**obr.5**), které se na metalografickém výbrusu jeví jako lupínky (**obr.6**). Jejich délka je podstatně větší než-li jejich tloušťka, konec lupínků je ostrý. Oblast připadající jednomu prostorovému útvaru se nazývá eutektická buňka. Tento typ litiny je nejobvyklejším typem litiny.[8]

Šedá litina s lupínkovým grafitem má strukturu tvořenou feritem nebo perlitem a volným C. Má velmi dobrou slévateľnosť. Ke kladům tohoto materiálu patří dobrá schopnost útlumu, vyvolaná přítomností lupínkového grafitu, snadná obrobiteľnosť a dobré kluzné



Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

vlastnosti. Obvyklé chemické složení těchto litin se pohybuje v rozmezí 2,5 až 4,0 % C, 1,2 až 2,4 % Si, 0,4 až 0,8 % Mn a 0,2 až 1,2 % P.[8]

Struktura litiny s lupínkovým grafitem se posuzuje z hlediska:



OBR.6

- a) základní kovové hmoty
- b) tvaru a rozložení grafitu

a) Struktura základní kovové hmoty tepelně nezpracované šedé litiny může být:

➤ feritická



vzniká při pomalém chlazení nebo při obsahu dostatečně vysokého obsahu grafitizačních přísad. Litiny tohoto druhu jsou velice měkké a málo pevné, a proto se jich jako konstrukčního materiálu neužívá. Veškerý C je vyloučen jako velmi hrubý grafit (*obr. 7*)

OBR.7

➤ perlitická



vzniká při dokonalém souladu obsahu grafitizačních přísad a rychlosti chladnutí. Je to ideální šedá litina (*obr.10*)

OBR.8

➤ feriticko-perlitická



není zcela ideální šedou litinou, protože kromě perlitu obsahuje i jisté množství feritu, což není žádoucí. Vzniku feriticko - perlitické základní hmoty (**obr.9**) však nelze zcela zabránit, a to především v silnějších průřezích odlitků. Jedinou výhodou přítomnosti feritu je možnost snižování vnitřního pnutí v důsledku dobré tvárnosti měkkého feritu .[14]

OBR.9

b) Tvar a rozložení grafitu v šedé litině

V šedé litině se grafit vylučuje jako lupínkový (lístkový) (viz. **kapitola 2.5.3.1 obrázek 15**). Skutečná velikost lupínků je od několika mikronů (μm) do 300 μm .

Z hlediska tvaru a rozložení grafitu se základní klasifikace grafitu v šedé litině dělí na 5 druhů (viz. **kapitola 2.5.3.2 obrázek 16**).

- Druh A je lupínkový grafit, rovnoměrně rozdělený o náhodné orientaci. Je to žádoucí a také nejobvyklejší druh rozložení grafitu v šedé litině.
- Druh B je hnízdovitě rozložený grafit (růžicový, rozetový). Není žádoucí, protože v prostoru tohoto druhu grafitu je základní hmota většinou feritická a tím je pevnost litiny v těchto místech velmi malá.
- Druh C je charakterizován značným rozdílem velikosti lístků grafitu s náhodnou orientací. Vyskytuje se např. u nadeutektické litiny. Není žádoucí.
- Druh D a E se označují jako přechlazený grafit mezidendritický s náhodnou (druh D) nebo usměrněnou orientací (E). Není žádoucí.

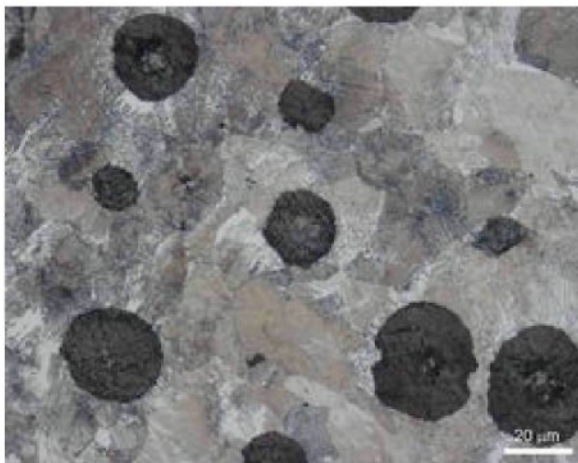
Dosažení nejvhodnější struktury šedé litiny, tj. perlitické základní kovové hmoty s jemným neorientovaným lístkovým grafitem se prakticky provádí tak, že:

- a) V 1. stupni výroby se odstraní nebo zneškodní nevhodné zárodky, které již při malém přechlazení způsobují krystalizaci a podporují tak vznik hrubého grafitu.
- b) V 2. stupni výroby naopak musí dojít k aktivaci vhodných grafitizačních zárodků, což se provádí:
 - 1) rychlým ochlazením taveniny
 - 2) mikrolegováním (očkováním) taveniny

3) snížením obsahu Si , což má stejný účinek jako zvýšení přechlazení.

2.5.2.2 Litiny s kuličkovým grafitem GJS (LKG)

Dříve nazývaná jako litina tvárná, obsahuje grafit ve formě kuliček.(*obr.10*) Z hlediska vlastností litiny je ideálním tvarem dokonalá kulička grafitu. Často se však vyskytují podoby grafitu jako "nedokonale zrnitý". Eutektická buňka je oblast příslušející právě jednomu útvaru grafitu – jedné kuličce.[8]

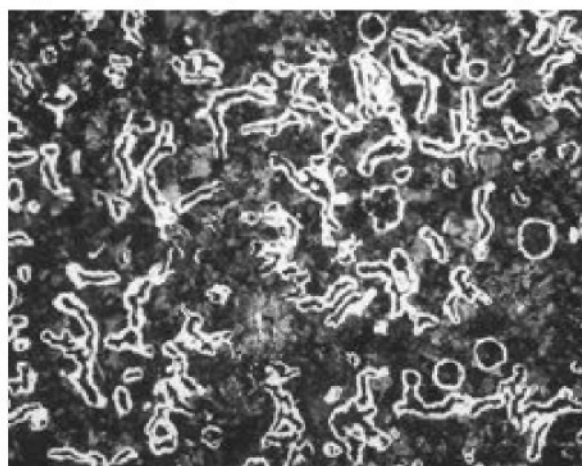


OBR.10

V porovnání s litinou s lupínkovým grafitem má tvárná litina výrazně lepší mechanické vlastnosti, zejména plasticitu a houževnatost. Tvárná litina je v současné době důležitým konstrukčním materiálem a její výroba se neustále rozšiřuje.[11]

2.5.2.3 Litiny s červíčkovým grafitem GJV

Dříve nazývaná jako litina vermikulární. Červíčkový grafit má podobnou morfologii jako grafit lupínkový. Ve srovnání s GJL jsou však útvary grafitu kratší, tlustší a jejich konec bývá



OBR.11

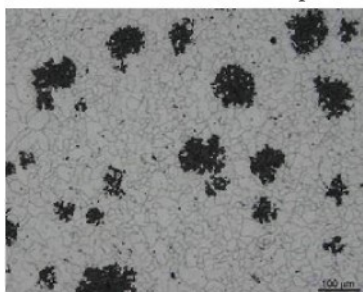
zaoblený.(*obr.11*) Vermikulární litina obvykle obsahuje též určité množství lupínkového nebo kuličkového grafitu.

2.5.2.4 Temperovaná litina GJM

Temperovaná litina je poměrně pevný a houževnatý konstrukční materiál s dobrou obrobitelností, vyráběný tepelným zpracováním (temperováním) bílé litiny. Ve stavu po odlití není v odlitku z bílé litiny žádný grafit. Optimální chemické složení je kompromisem mezi mnoha vzájemně si odporujícími požadavky a podle druhu temperované litiny se výchozí chemické složení bílé litiny poněkud liší.[11]



OBR.12



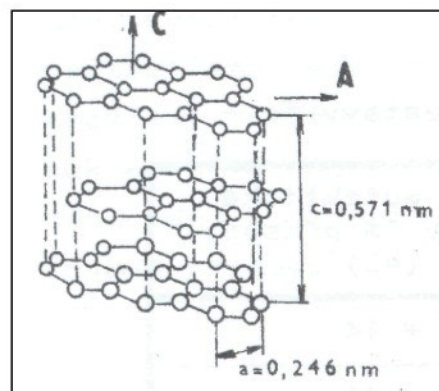
OBR.13

Dělí se na litinu s bílým lomem GJMW (*obr.12*) a s černým lomem GJMB (*obr.13*). Temperovaná litina s černým lomem má strukturu tvořenou feritickou maticí s temperovým (vločkovým) grafitem. Struktura temperované litiny s bílým lomem je u tenkostěnných odlitků tvořena feritem nebo feritem

a perlitem. Odlitky s větší tloušťkou stěny mají povrchovou vrstvu feritickou a dále od povrchu se vyskytuje ferit, perlit a temperový grafit.[11]

2.5.3 GRAFIT

Grafit je krystalická forma uhlíku, krystalizuje v hexagonální soustavě s mřížkovými parametry 0,246 a 0,571 nm (*dle obrázku 14*). Poloměr atomu je 0,077 nm. Základny mřížky se nazývají bazální roviny a obvod šestihranu tvoří prismatické roviny. Teplota tání grafitu je 3700 +/-100°C. Grafit má malou hustotu (2,2 g/cm³), a proto snadno vyplouvá na povrch taveniny jako „grafitový šum„.[8,14]



OBR.14 STAVBA GRAFITU

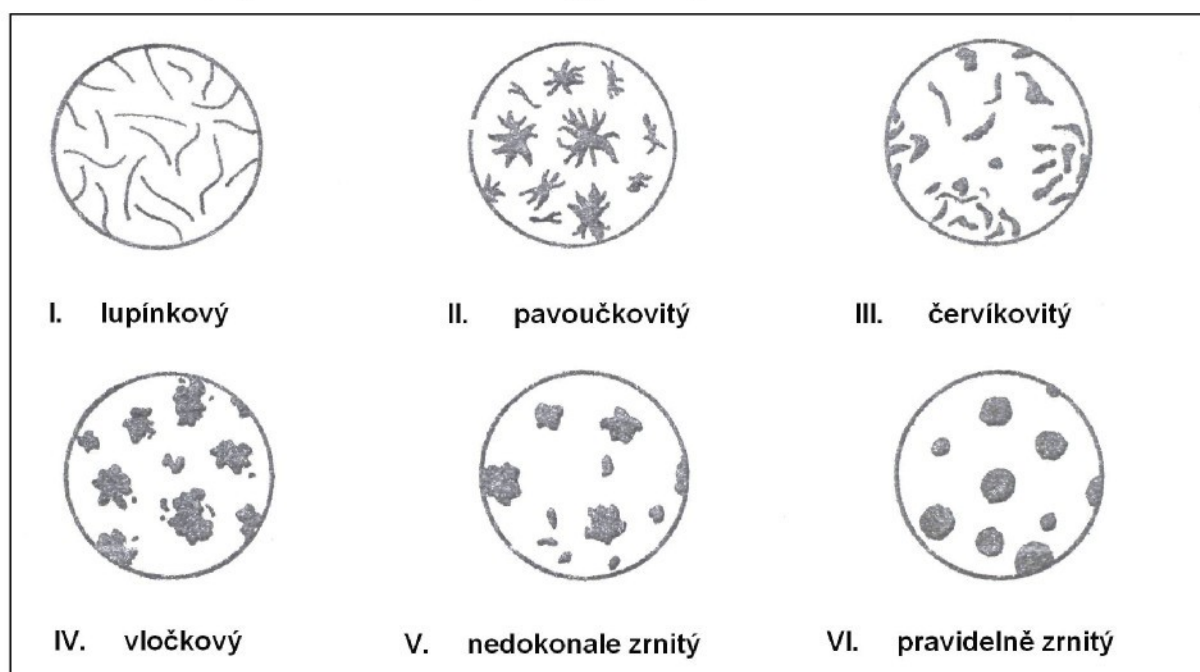
Grafit je strukturální složka která velmi významně ovlivňuje vlastnosti šedých litin. Ostré konce lupínek působí jako koncentrátoři napětí, které mohou dosáhnout až 20-násobek jmenovitého zatížení, proto jsou šedé litiny křehké materiály a nemají téměř žádnou tažnost. Na druhou stranu se lupinky grafitu ve struktuře pozitivně projevují zvyšováním schopnosti útlumu a snižováním citlivosti šedých litin na účinek vrubů. Grafitové lupinky tvoří ve struktuře mnohé,

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

nepravidelně orientované vnitřní vruby, které omezují citlivost na vnější vruby na povrchu součásti. Při cyklickém namáhání, tj. např. při vibraci vznikají v oblasti lupínek značné třecí síly, které mění energii vybrací v teplo. Napětové špičky se proto velmi snižují. Litiny proto mají překvapivě vysokou hodnotu meze únavy. Čím nižší je pevnost litiny, tím menší je vrubová citlivost. [1], Což je jedním z důvodů použití šedé litiny pro brzdové kotouče .

2.5.3.1 Hodnocení grafitu dle tvaru

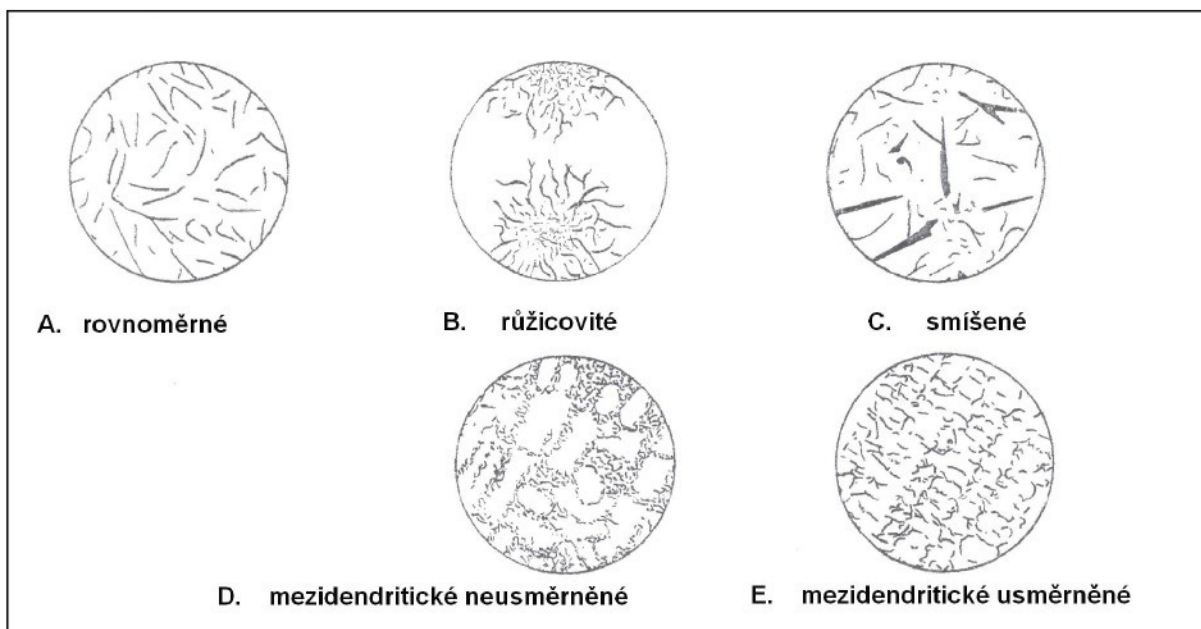
Tvar grafitu se hodnotí podle normy ČSN EN ISO 945, která původně jako norma ČSN 420461, zařazuje grafit do 6- ti tříd (*obr. 15*).[8,18, 4]



OBR. 15 TVAR GRAFITU V LITINÁCH

2.5.3.2 Hodnocení dle rozložení grafitu

Grafit může být ve struktuře rozložen ve formě pravidelných, stejnoměrně velkých útvarů, nebo nerovnoměrně, kdy tvoří nestejně velké nebo mírně nahromaděné. Rozložení grafitu podle normy ČSN EN 945 se hodnotí podle etalonové řady (*obr. 16*).[8,18,4]



OBR. 16 ZPŮSOBY ROZLOŽENÍ LUPÍNKOVÉHO GRAFITU

Tvar a rozložení grafitu mají zásadní vliv na mechanické vlastnosti litin. Samotný grafit má velmi malou pevnost. Proto grafit tím, že zmenšuje nosný průřez základní kovové hmoty, snižuje pevnost litiny. Současně na koncích útvarů grafitu dochází ke koncentraci napětí - grafit působí vrubovým účinkem. Čím ostrohranější je zakončení útvarů grafitu, tím větší je vrubový účinek. Z tohoto hlediska je nejméně výhodný lupínkový grafit, naopak nejpriznivější je grafit kuličkový. Proto má litina s kuličkovým grafitem podstatně vyšší mechanické vlastnosti, než litina s lupínkovým grafitem. Litina s červíkovým a vločkovým grafitem svými vlastnostmi leží mezi těmito krajními body. [8]

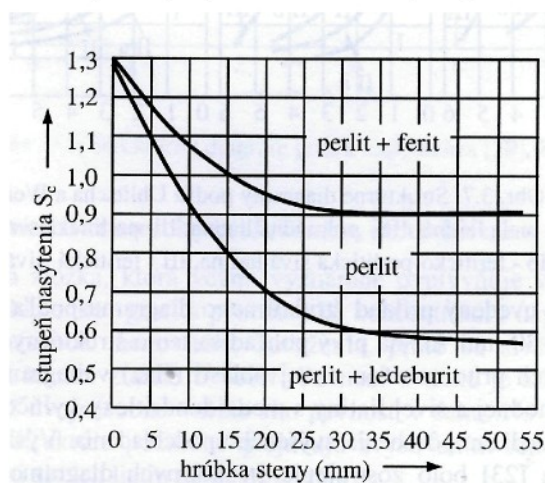
2.5.4 FAKTORY ROZHODUJÍCÍ O VZNIKU GRAFITICKÝCH LITIN

Aby vznikla grafitická litina, musí být v určitém poměru chemické složení (C, Si, P, případně další prvky) a rychlost ochlazování. Struktura grafitických litin je tvořena základní kovovou hmotou (matricí), v níž je přítomen grafit. Vlastnosti těchto litin ovlivňuje jak druh matrice, tak tvar, velikost, množství a rozložení částic grafitu. Ke grafitickým litinám patří litina s lupínkovým a kuličkovým grafitem a vnitřní část tvrzené litiny.

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Tyto faktory určují stupeň podchlazení, které má rozhodující vliv na velikost, rozložení (A-E), množství a případně i tvar vyloučeného grafitu.[18]

Vliv chemického složení a rychlost ochlazování na krystalizaci šedé litiny je natolik důležitý, že při jinak nezměněných podmínkách mohou mít odlitky různou strukturu (od bílé po



feritickou šedou litinu) Byl sestavený vzorec (2) který kvantifikuje vliv základních prvků na stupeň eutektičnosti (**obr.17**) [1]

OBR.17 Vliv stupně eutektičnosti a tloušťky stěny odlitku (rychlost ochlazování) na strukturu šedé litiny

- Chemické složení (S_c - stupeň eutektičnosti, C_e - uhlíkový ekvivalent)
- Rychlost chladnutí během tuhnutí a po ztuhnutí (konstrukce odlitku, tloušťka stěn, fyzikální vlastnosti kovu a formy, lící teplota)
- Stav taveniny (teplota přehřátí, výdrž na teplotě, původ výchozích surovin, očkování, modifikace)

Grafitické litiny mají vlivem grafitu ve struktuře všeobecně lepší tepelnou vodivost než oceli. Z jednotlivých druhů grafitických litin má nejvyšší tepelnou vodivost šedá litina, protože je z tohoto hlediska výhodné rozvětvení grafitového skeletu.[1], což je jednou z dalších vlastností pro kterou se šedá litina využívá pro výrobu brzdových kotoučů.

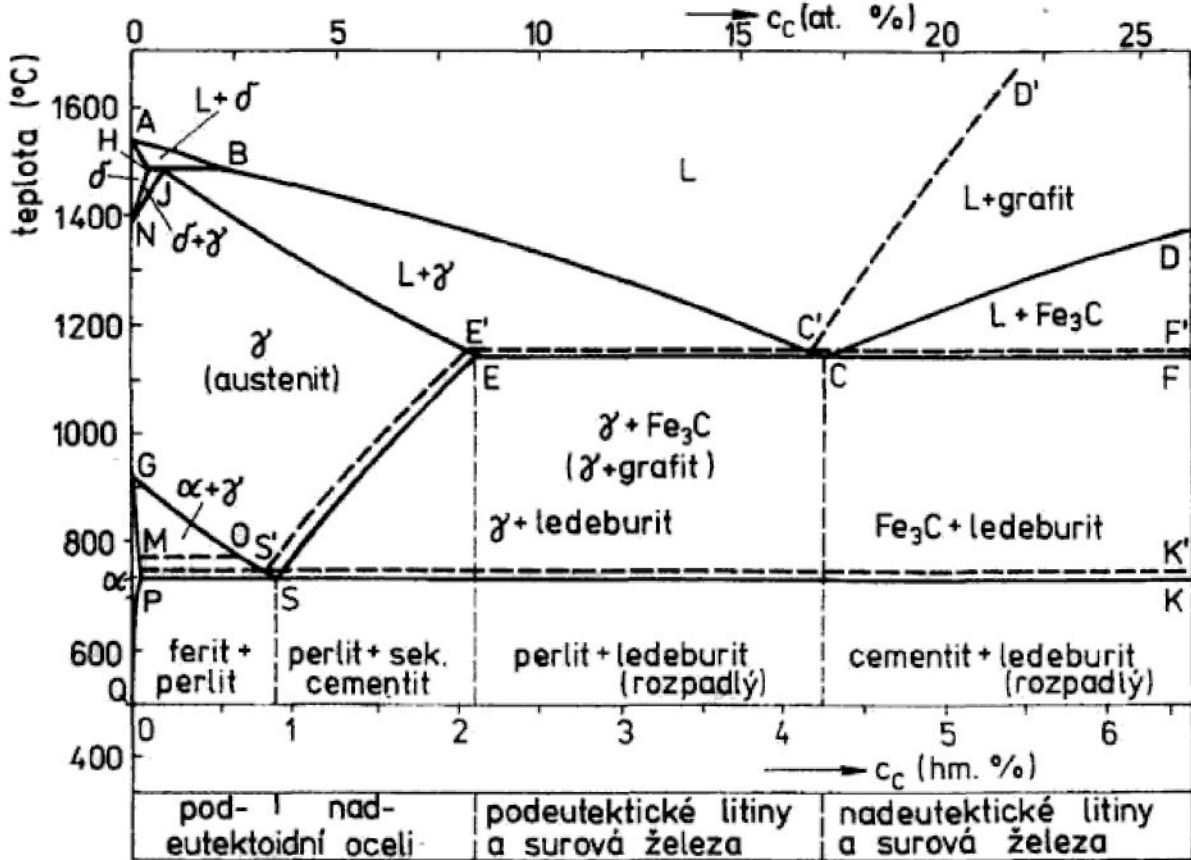
2.5.5 STABILNÍ SOUSTAVA FE - C

Jak již bylo zmíněno výše, dále se budeme zabývat grafitickými litinami. Z tohoto důvodu předpokládáme krystalizaci dle stabilního diagramu (viz. **obr.18** – čárkované přímký), kdy termodynamicky stabilní formou C ve slitinách s Fe není karbid železa, ale grafit.

Lze říci, že pokud proběhne krystalizace podle stabilního diagramu, jedná se vždy jen o grafitické litiny, tedy o slitiny Fe + C s obsahem C vyšším než 2 %. Rovnovážný diagram

železo-grafit má stejný tvar jako diagram Fe -Fe₃C, v mnohém se obě soustavy shodují a postup krystalizace je obdobný. Odlišností je pouze to, že eutektikála i eutektoidála platí až k obsahu 100 % C a odlišně se nazývají některé význačné směsi.

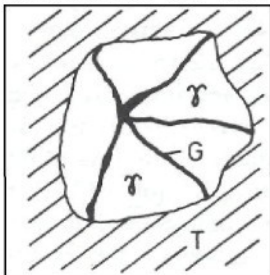
LEDEBURIT je zde nahrazen GRAFITOVÝM EUTEKTIKEM (směs grafitu a austenitu) a PERLIT GRAFITOVÝM EUTEKTOIDEM (směs feritu a grafitu).[14]



OBR. 18 ROVNOVÁŽNÝ DIAGRAM METASTABILNÍ A STABILNÍ SOUSTAVY SLITIN ŽELEZA S UHLÍKEM

2.5.6 KRYSTALIZACE LITIN

Při eutektické teplotě proběhne izotermicky eutektická transformace, kdy z taveniny vznikne grafitové eutektikum. To se skládá z austenitu a eutektického grafitu. Grafitické eutektikum má tvar prostorových buněk, které se nazývají eutektické buňky (viz. obr.19).



Množství a velikost pak přímo souvisí s velikostí a uspořádáním grafitových útvarů v litině. Krystalizace grafitového eutektika začíná tvorbou grafitu na vhodných cizích zárodcích. Růstem grafitu se okolní tavenina ochuzuje o uhlík, čímž se vytvářejí podmínky pro vznik austenitu, který tvoří druhou část eutektika. Grafit vzniká ve formě

OBR.19 RŮST LUPÍNKOVÉHO GRAFITU

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

lupínků, které vyrůstají z jednoho krystalizačního zárodku ve středu buňky, až vytvoří spojitý útvar - eutektickou buňku. Při malém přehřátí taveniny nad teplotu likvidu a pomalém ochlazování vznikají hrubé a málo rozvětvené lupínky grafitu. Naopak větší přehřátí a rychlé ochlazení vede ke vzniku drobnějších různě zprohýbaných lupínků grafitu. Tento tvar a velikost grafitových útvarů je ovlivňována i přísadami. Se zjemňováním grafitu roste pevnost grafitické litiny.[14,11]

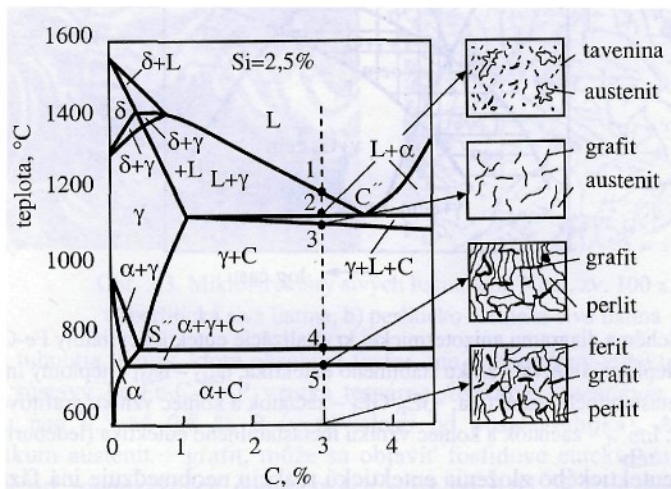
2.5.6.1 Krystalizace nadeutektických litin

Z taveniny krystalizuje primárně grafit jako hrubé lupínky. Při ochlazování se tavenina postupně ochuzuje o C, který krystalizuje jako primární grafit. Eutektickou transformací vznikne grafitové eutektikum, které se skládá z austenitu a eutektického grafitu. K primárně vyloučeným krystalům grafitu přibudou krystaly eutektického grafitu a soustava se těsně pod eutektickou teplotou skládá z austenitu a obou druhů grafitu.

Při dalším ochlazování se z austenitu vylučuje (segreguje) sekundární grafit. Tím se austenit ochuzuje o grafit v souladu s pákovým pravidlem, až při eutektoidní teplotě obsahuje pouze 0,68 %C. Při eutektoidní teplotě se austenit přemění na grafitový eutektoid, který se skládá z feritu a eutektoidního grafitu. Grafitická litina při teplotě okolí se pak skládá z feritu a 4 druhů cementitu: z primárně vyloučeného hrubého lupínkového grafitu, jemnějšího eutektického grafitu, sekundárního a nejjemnějšího eutektoidního grafitu.[14,11]

2.5.6.2 Krystalizace podeutektických litin

Většina litin má podeutektické složení. Z taveniny krystalizuje primárně austenit, jehož složení se během krystalizace mění podle čáry J E. Při eutektické teplotě, kdy má austenit 2 %



C, proběhne eutektická transformace, při které ze zbylé taveniny, vznikne grafitové eutektikum. To se skládá z austenitu a eutektického grafitu. Další průběh krystalizace je stejný jako u nadeutektických litin. Při teplotě okolí se litina skládá z feritu a třech druhů grafitu, neboť chybí grafit vyloučený primárně.[14,11]

OBR.20 Řez ternární soustavou Fe-C-Si pro obsah 2,5% Si

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Krystalizace šedé litiny probíhá podle stabilní soustavy železo-grafit ve velmi ohraničené míře, proto je vhodnější použít na vysvětlení tohoto procesu vertikální řez ternární soustavou Fe-C-Si (*obr.20*) Krystalizace podle této soustavy začíná vylučováním austenitu (interval 1-2), následuje eutektická reakce (2-3), snižování rozpustnosti uhlíku v austenitu (3-4), eutektoidní reakce (4-5), případně grafitizace perlitického cementitu při ochlazení po eutektoidní reakci[1]

2.5.7 VLIV PŘÍSADOVÝCH A LEGUJÍCÍCH PRVKŮ NA VLASTNOSTI LITIN

Z mechanických vlastností šedé litiny se běžně sleduje pevnost v tahu a tvrdost. Snahou je získat vyšší pevnost perlitickou maticí. Zvýšení pevnosti spočívá ve zpevnění a homogenizaci matrice. Obdobně se projeví zvýšení pevnosti i zvýšením počtu eutektických buněk. Je nutno si uvědomit, že vliv přísadových a legujících prvků na pevnost a tvrdost je rozdílný a mění se s jejich množstvím. Na *obrázku 23* je znázorněna účinnost jednotlivých prvků pro podeutektickou výchozí litinu ($S_c = 0,91$; $R_m = 280$ MPa; $HB = 217$).[18]

Cílem legování do cca 1 % je získání takových vlastností litin, které lze v litinách nelegovaných dosáhnout jen velmi těžce, případně vůbec ne. Navzdory jejich velkému významu nejsou v ČR a SR zatím nízkolegované litiny s lupinkovým grafitem normované a ani není definované rozmezí chemického složení nízkolegovaných litin.

Hlavními legujícími prvky jsou křemík, chrom, vanad, molybden, měď, nikl a cín.[1]

Je třeba též připomenout, že chemické složení, pevnost materiálu, obrobitelnost jsou jen výchozími faktory, které slouží ke zpětné vazbě při vývoji a následném stanovení vhodných zásahů do vstupních hodnot takovým způsobem, aby se dosáhlo efektivních změn při vhodném vynaložení finančních prostředků.[16]

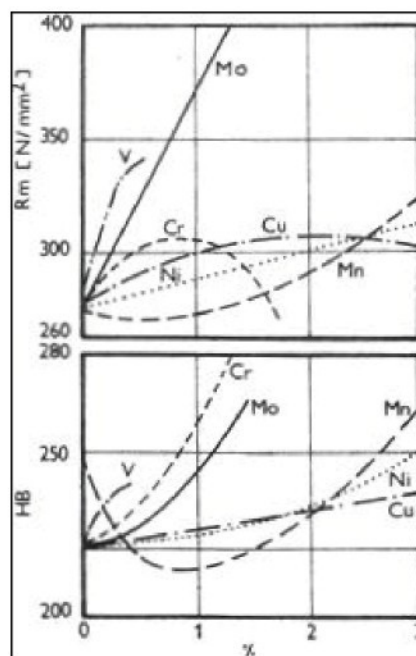
2.5.7.1 Vliv křemíku

Po C je nejvýznamnějším legujícím prvkem Si, protože podporuje vznik grafitu. Má-li proběhnout grafitizace (vylučování C ve formě grafitu), je nutné, aby byl přítomen Si v dostatečném množství a svým grafitizačním účinkem překonal vliv karbidotvorných prvků (Mn, S). Přítomnost dostatečného množství Si zaručuje vznik grafitového eutektika i ve slabých průřezích odlitku. Pak i podeutektická litina bude se vzrůstajícím obsahem Si tuhnout jako eutektická či nadeutektická. Se vzrůstem obsahu Si se proto bude zvyšovat i podíl grafitu v matici litiny, což zase z hlediska pevnostních vlastností není výhodné.[14]

Snižuje teplotu tání litiny a zvyšuje její tekutost, zároveň zvětšuje sklon k tvoření bublin a pórů. Je to grafitotvorná přísada, tudíž podporuje vznik grafitu.

2.5.7.2 Vliv fosforu

Má podobný účinek jako Si, protože podporuje vznik grafitu. Vylučuje se v litině jako potrojně fosfidové eutektikum ($\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{C} + \text{Fe}_3\text{P}$) nazývané steadit. Vzhledem ke značné tvrdosti (400 HB) a malé pevnosti steaditu se u konstrukčních odlitků snižuje obsah P v litině. Steadit má nízkou teplotu tání ($953\text{ }^\circ\text{C}$), a proto při ochlazování tuhne jako poslední na hranicích eutektických buněk. Jeho nízké teploty tání se využívá u tenkostěnných a složitých odlitků, kdy se obsah P zvyšuje za účelem zvýšení zabíhavosti litiny. Steadit v důsledku své značné tvrdosti také zvyšuje odolnost proti opotřebení.[14] P zvyšuje odolnost proti opotřebení.



OBR.21 VLIV LEGUJÍCÍCH PRVKŮ NA NA PEVNOST V TAHU A TVRDOST

2.5.7.3 Vliv manganu a síry

Síra tvoří se železem FeS (sírník železnatý) a působí vesměs nepříznivě. K Mn má větší afinitu než k Fe, a toho se využívá ke vzniku MnS (sírníku manganatého), který se v tekuté litině vznáší a má snahu stoupat k hladině taveniny – odsíření taveniny. Ve struktuře základní hmoty se vylučuje ve středu zrn, což velice příznivě působí na mechanické vlastnosti litiny.

Působí proti vylučování grafitu a podporuje krystalizaci v metastabilní soustavě. Zjemňuje zrna a zvyšuje pevnost litiny. [14]

2.5.7.4 Vliv mědi

Oproti oceli má Cu v litině důležité funkce:

- podporuje stabilní systém, protože působí jako Si. 1%Cu má stejný účinek jako 0,3%Si.
- podporuje vznik perlitu - ovlivňuje příznivě vznik lamelárního grafitu tvaru A a snižuje schopnost tvorby grafitu tvaru B a D. Snižuje schopnost k tvorbě kuličkového grafitu
- zvyšuje pevnost a tvrdost v důsledku vytvrzování směsnými krystaly.[18]

Měď je výhodná pro snižování vlivu tloušťky stěny na tvrdost. Ta se u šedé litiny zvyšuje vlivem tvrdnutí feritu.[14]

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

2.5.7.5 Vliv vanadu

Vanad má ze všech přísadových prvků největší vliv na zvýšení pevnosti v tahu. Při obsahu vanadu kolem 0,5% je zvýšení pevnosti zhruba 20%. Z důvodu silně stabilizačního účinku (hrozí nebezpečí tvorby volných karbidů) je jeho obsah v nízkolegované šedé litině omezen na 0,4% V. Obdobně zvyšuje i tvrdost (viz. *obr. 21*).[14]

2.5.7.6 Vliv chromu

Chrom zvyšuje pevnost v tahu zpevněním základní hmoty (viz. *obr. 21*) a zvýšením počtu eutektických buněk. V šedé litině tvrdost matrice stoupá o 4 až 10 HB na každých 0,1%C. Vyskytuje se v šedé litině běžně do 0,5 % Cr.[18] Chrom zamezuje vzniku volného feritu a stabilizuje perlit při vyšších hodnotách. Nevýhodou je, že silně podporuje metastabilní tuhnutí [1]

2.5.7.7 Vliv molybdenu

Molybden je všestranně nejúčinnější legující prvek v šedé nízkolegované litině. Mimořádný význam molybdenu je v tom, že silně zvyšuje pevnost litiny (viz. *obr. 21*). Molybden zvyšuje odolnost proti relaxaci a z tohoto důvodu zvyšuje stabilitu litin při namáhání za zvýšených teplot. Maximálního hospodárneho účinku se dosahuje při obsahu 0,8 až 1% molybdenu v šedé litině.[14]

2.5.7.8 Vliv niklu

Vliv niklu na vyrovnávání vlivu průřezů u tlustostěnných odlitků je menší než vliv Cu. Nárůst tvrdosti je u šedé litiny 7-15 HB (viz. *obr. 21*) na 1% niklu až do obsahu 2,5%.[14]

2.5.8 MODIFIKACE A OČKOVÁNÍ LITIN

2.5.8.1 Modifikace

Ovlivňujeme tvar grafitu při jeho krystalizaci tak, že grafit lupínkový se mění působením modifikátoru na tvar kuličkový. Tyto vlastnosti lze docílit v litém stavu nebo tepelným zpracováním. V současné době se používá jako modifikátoru hutnicky čistý Mg (99,5 % Mg) a tzv. nosné prvky (Si, Ni, Cu, Fe) a doprovodné prvky jsou Ca, Al, Ce či KVZ. Modifikační účinek má sice u litin řada prvků, prakticky se však používá jen zmíněný Hořčík. Teplota tavení Mg je 650°C a jeho hustota je 1740 kg/m³. Modifikace probíhá postupným rozpouštěním

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

hořčkových par, které probublávají sloupcem modifikované litiny. Je proto nutné, aby dráha hořčkových bublin byla pokud možno dlouhá a jejich vyplouvání pomalé a klidné.[8]

2.5.8.2 Očkování

Je to technologická operace, při které se do tekutého kovu vnáší malé množství vhodně zvolené substance (očkovadla), a tím se zvýší množství krystalizačních zárodků určité fáze. Jeho hlavní význam je v tom, že umožňuje krystalizaci grafitu v podeutektických litinách s nízkým stupněm eutektičnosti.(a nebo v tenčích, rychleji se ochlazujících průřezech- větrané kotouče) , ve kterých vzniká nebezpečí krystalizace podle metastabilní soustavy.[1].

Očkováním lze tak dosáhnout zjemnění vyloučeného grafitu. Očkování podporuje heterogenní nukleaci při grafitizaci.[8]

Pro očkování litiny s lupínkovým grafitem se používá v FeSi 75 a superseed, Simancal, Zirconic, Foundrysil 75 a další. Nejběžnějším grafitizačním očkovadlem je Ferosilicium FeSi75 [1]

Cílem očkování (grafitizačního) je odstranění zákalky v odlitcích. Rovnoměrně vyloučený grafit typu A v celém průřezu odlitku, zjemnění struktury a tím zvýšení mech. vlastností. Očkováním však může dojít i ke zhoršení vlastností litiny. Nedosáhne se zlepšení u měkké litiny, která již při dané tloušťce stěny odlitku sama o sobě tuhne šedě, protože má dostatek vlastních zárodků a malé přechlazení. V současnosti se již očkování provádí při výrobě většiny šedých litin.[18]

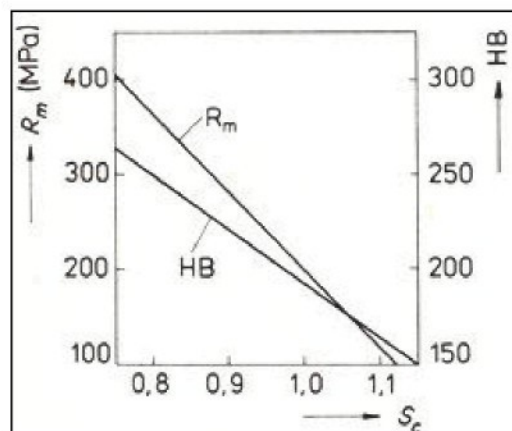
2.5.9 HODNOCENÍ LITIN DLE CHEMICKÉHO SLOŽENÍ

Pro posouzení účinku křemíku a dalších prvků na koncentraci uhlíku v eutektiku, a tím vlastně i na podíl a hrubost grafitu v matrici litiny se používá uhlíkový ekvivalent Ce nebo stupeň eutektičnosti Sc. [11]

Obě kritéria byla vypracována v podobě jednoduchých i složitějších empirických vztahů a slouží k rychlému zjištění, zda je uvažovaná litina

podeutektická, eutektická, nebo nadeutektická. Uhlíkový ekvivalent C_e převádí obsah chemických prvků na obsah uhlíku. Nejpoužívanější zjednodušený výraz pro uhlíkový ekvivalent má tvar:[10]

$$C_e = \%C + 0,3 \cdot (\%Si + \%P) \quad [-] \quad (1)$$



OBR.22

Pro eutektickou litinu potom je $C_e = 4,23$, pro podeutektickou litinu platí $C_e < 4,23$ a pro nadeutektickou $C_e > 4,23$.

Podobně užívané kritérium je stupeň eutektičnosti, vyjadřuje poměr celkového obsahu uhlíku v litině k eutektické koncentraci uhlíku ovlivněné dalšími prvky. Zjednodušený tvar pro stupeň eutektičnosti má tvar:

$$S_c = \frac{\%C}{4,23 - 0,3 \cdot (\%Si + \%P)} \quad [-] \quad (2)$$

Eutektická litina $S_c = 1$, podeutektická je $S_c < 1$, nadeutektická $S_c > 1$.

Vztahy mezi obsahem uhlíku, křemíku, rychlostí chladnutí a strukturou po odlití byly předmětem rozsáhlých studií. Během doby byly vypracovány různé diagramy, které umožňují odhad struktury litiny pro dané složení a tloušťku stěny odlitku. V posledních letech byla pozornost zaměřena na bližší poznání vztahů mezi chemických složením, strukturou a mechanickými vlastnostmi šedé litiny s cílem přesnějšího a bezpečnějšího odhadu vlastností

Ø tyčky [mm]	Rovnice pre Rm [Mpa]
7,5	840 - 415.Sc
10	920 - 555.Sc
15	990 - 700.Sc
20	1010 - 770.Sc
30	1020 - 825.Sc
40	1015 - 850.Sc
50	1005 - 850.Sc
60	990 - 850.Sc
90	950 - 850.Sc

litinového odlitku. Výsledkem těchto snah bylo stanovení množství empirických vztahů, např. pro výpočet pevnosti v tahu nebo tvrdosti pomocí stupně eutektičnosti. Příkladem jsou empirické rovnice(3) [1] (4), které graficky popisuje (*obrázek 22*).

$$(3) \quad HB = 465 - 270 \cdot S_c \quad [-] \quad (4)$$

Z těchto vztahů a (*obrázku 22*) vyplývají důležité poznatky, že se pevnost šedé litiny zvyšuje s klesajícím stupněm eutektičnosti nebo uhlíkovým ekvivalentem. Litiny s nižším Sc nebo CE mají sklon k tvorbě cementitického eutektika. Aby se tento jev eliminoval očkuje se litina grafitizačními přísadami (nejčastěji ferosiliciem o vhodné zrnitosti). Účinkem očkovadla se podněcuje krystalizace grafitu, tavenina tuhne při menším přechlazení a výsledkem jsou rovnoměrně rozložené jemnější lupínky grafitu po celém průřezu odlitku.[11]

2.5.10 TRÍDĚNÍ A ZNAČENÍ LITIN S LUPÍNKOVÝM GRAFITEM

Značení norem jakosti litin v České republice se postupně sjednocuje s označováním podle evropských norem. Tyto nové normy se označují jako ČSN EN . . . Platnost norem pro litiny je od roku 1999. Způsob značení se řídí normou ČSN EN1560. Litiny se značí značkami nebo číselně a zde je výběr z této normy: [7]

L - s lupínkovým grafitem

S – s kuličkovým grafitem

M- s vločkovým grafitem (temperovaný uhlík včetně temp. litin s bílým lomem)

V – s červíkovým (vermikulárním) grafitem

N – ledeburická (litina bez grafitu - tvrzená)

Y – se speciální strukturou

2.5.10.1 Značení mikrostruktury, nebo makrostruktury

A – austenit

M - martenzit

P – perlit

T – kaleno a popuštěno

F – ferit

L – ledeburit

Q - kaleno

B – s černým lomem u temp. litin

W – s bílým lomem u temp. Litin [8]

2.5.10.2 Značení litin s lupínkovým grafitem

V tabulce 1 je uvedeno značení podle normy ČSN a stávající normy ČSN EN 1561 šedých litin, kde v dalších sloupcích jsou uvedeny další teoretické údaje pro daný typ šedé litiny.

Značky litin uvedené v normě ČSN EN 1561 mají nejbližší ekvivalent v litinách, normalizovaných v ČR. [7]

TAB.1 ZNAČENÍ LITIN S LUPÍNKOVÝM GRAFITEM

Značka litiny normalizované v ČR	Značka litiny dle ČSN EN	Pevnost v tahu R_m [Mpa]	HB max	Struktura
ČSN 42 2410	EN-GJL-100	100 - 200	180	F + P + G
ČSN 42 2415	EN-GJL-150	150 - 250	200	F + P + G
ČSN 42 2420	EN-GJL-200	200 - 300	220	F + P + G
ČSN 42 2425	EN-GJL-250	250 - 350	240	P + (F) + G
ČSN 42 2430	EN-GJL-300	300 - 400	260	P + (G)
ČSN 42 2435	EN-GJL-350	350 - 450	270	P + (G)

2.5.11 PORUŠOVÁNÍ LITIN S LUPÍNKOVÝM GRAFITEM

Z makroskopického hlediska se v kovových materiálech vytvářejí lomy nejrůznějšího vzhledu, které závisí na druhu a struktuře materiálu, rozměrech tělesa, podmínkách deformace, stavu napjatosti a na dalších faktorech když porušování meziatomových vazeb kovů může z fyzikálního hlediska probíhat pouze dvěma mechanismy – skluzem a štěpením.

Existují jen dva základní mikromechanismy porušení přetížením

1. Štěpné porušení
2. Tvárné porušení

Osobitostí struktury grafitických litin je i samotný grafit, především tím, že je lehce štěpitelnou fází a proto výrazně ovlivňuje proces porušování grafitických litin. Grafitová kostra lupínkového grafitu má jednotlivé větve vzájemně propojené v různých úrovních. V těchto oblastech se může lom iniciovat a šířit bez větších těžkostí a lomová plocha je vystlaná grafitem.

Bez ohledu na charakter kovové matrice je pro šedou litinu s lupínkovým grafitem charakteristické transkrystalické štěpení strukturních součástí matrice.[1]

2.6 Vlastnosti materiálu

Vlastnosti materiálu se z obecného hlediska rozdělují na: [23]

- FYZIKÁLNÍ (magnetismus, tepelná roztažnost atd.)
- FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ (optické vlastnosti, kontaktní a třecí)
- MECHANICKÉ (pružnost, pevnost, plasticita, houževnatost)
- ODVOZENÉ OD MECHANICKÝCH (tvrdost, odolnost proti tečení atd.)

Z hlediska diplomové práce se dále budeme zabývat, mechanickými vlastnostmi pevností a pružností a s odvozených vlastností, pak tvrdostí. Též se zmíníme o drsnosti.

2.6.1 PRUŽNOST

Pružnost je schopnost tělesa se pružně deformovat. Pružnost lze definovat pro jednoosá namáhání modulem pružnosti v tahu E, modulem pružnosti ve střihu (krutu) G, pro víceosá namáhání slouží modul pružnosti v objemu K.[23]

MODUL PRUŽNOSTI VTAHU E (YONGŮV):

$$\sigma = E \cdot \varepsilon_E \quad [\text{MPa}] \quad (5) \quad \varepsilon_E \dots \dots \dots \text{elastická deformace}$$

Šedá, tvárná a temperovaná litina jsou zvláštním případem, u kterých grafit při různém druhu namáhání způsobuje vlivem svého tvaru vnitřní nečelistvosti, které výrazně snižují moduly pružnosti a tím právě v různé míře omezují či vylučují platnost Hookova zákona(5). V **tabulce 2** jsou uvedeny technické moduly pružnosti pro litiny (vypočtené Jarešem a Jeničkem).[10,9]

TAB.2 TECHNICKÉ MODULY PRUŽNOSTI

Tvrdość HB5/750/30	207	224	243
Modul pružnosti E[Mpa]	106500	116000	130000
Modul pružnosti G[Mpa]	44300	47200	51000

2.6.2 PEVNOST

Pevnost je to odolnost materiálu proti trvalému porušení soudržnosti jeho částic,[23] je to schopnost odolávat tlaku, tahu, střihu, krutu a ohybu. Pro zjišťování pevnosti se používá zkouška tahem, která je také zároveň nejrozšířenější statickou zkouškou. [19]

2.6.2.1 Tahová zkouška

Tahová zkouška je předepsána normou ČSN EN 10002-1 (ČSN 420310-78). Zkouškou se zjišťuje pevnost v tahu R_m , dále u ocelí mez kluzu R_p (evt. smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$), tažnost A a kontrakce Z . Zkouška se obvykle provádí za normální teploty 20°C na válcových tyčích, zpravidla bez vrubů. Principem je natahování tyčí na tzv. trhacích strojích, předepsanou rychlostí deformace $((2,5 - 25) \cdot 10^{-4} [s^{-1}])$ až do přetržení, přičemž je zaznamenávána závislost síly F na změně délky Δl . Z ní jsou pak následovně vyhodnoceny výše uvedené hodnoty. [20]

Tažnost a kontrakce jsou u litiny s lupínkovým grafitem (GJL) minimální, za normálních podmínek prakticky neměřitelné. Litiny, u nichž je grafit vyloučen ve formě jemných, rovnoměrně rozložených lupínků v základní kovové matici, dosahují pevnost v tahu 300 - 350 MPa s tažností přibližně 0,5 % . [20]

Při zkoušce se prodloužení tyče $\Delta l = l - l_0$ se vyjadřuje v procentech jako poměrné prodloužení:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100 = \frac{l - l_0}{l} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

Kde l je měřená délka tyče v daném okamžiku zatěžování a l_0 je výchozí délka. Vztažením síly F na výchozí průřez S_0 nezátížené tyče získáme smluvní jmenovité napětí σ .

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (7)$$

Z uvedených vztahů vyplývá, že zaznamenávaná závislost ($F - \Delta l$) odpovídá zároveň závislosti ($\sigma - \varepsilon$).

Podíl síly a skutečné plochy průřezu v kterémkoli stadiu zkoušky nazýváme skutečným napětím. Běžně však používáme hodnoty smluvních napětí, protože neuvažujeme změnu průřezu tyče a zatížení vztahujeme na původní průřez S_0 .

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Pevnost v tahu (mez pevnosti v tahu) R_m je smluvní hodnota napětí daného podílem největší zatěžující síly F_{max} , kterou snese zkušební tyč a původního průřezu tyče S_0 :

$$R_m = \frac{F_{max}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (8)$$

Tažnost A je poměrné prodloužení vyjádřené v procentech původní délky:

$$A = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (9)$$

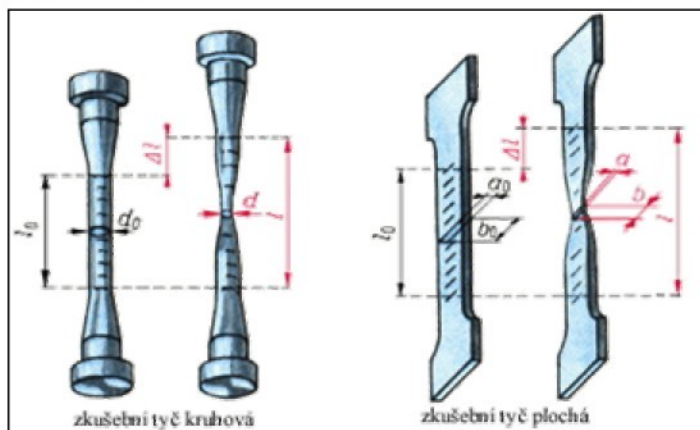
Kontrakce (zúžení průřezu) Z je dána poměrem zúžení průřezu tyče po přetržení ($S_0 - S$) k původnímu průřezu tyče S_0 . Vyjadřujeme ji v procentech: [11,17]

$$Z = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (10)$$

2.6.2.2 Zkušební tyče

Zkoušky tahem se zpravidla nedělají přímo na vyrobené součásti, ale na zkušebních tyčích, jejichž tvary a rozměry jsou normalizovány (**obr. 23**). Vlastní měřená délka l_0 závisí na průřezu zkušební tyče a je při kruhovém průřezu u dlouhé tyče $10d_0$ a u tyče krátké $5d_0$ (d_0 =průměr zkušební tyče).

Abychom mohli měřit prodloužení zkušební tyče po přetržení, vyznačují se na ní před zkouškou rysky. [17]



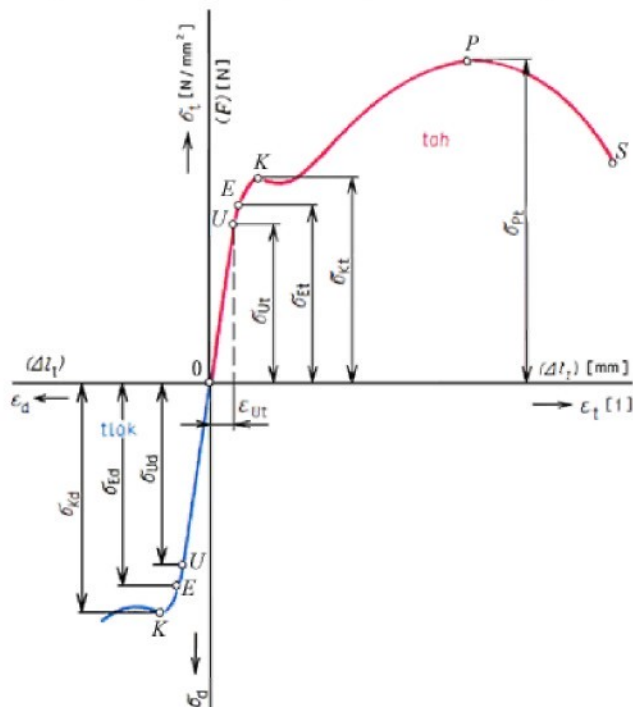
OBR.23 ZKUŠEBNÍ TYČE PRO TAHOVOU ZKOUŠKU

Normalizované zkušební tyče lze dělit dle:

- Průřezu
- Měřené délky
- Tvaru upínacích hlav

Podle průřezu se tyče dělí na kruhové a ploché (viz. **obr. 23**). Podle měřené délky na krátké a dlouhé. Podle tvaru upínacích hlav se tyče dělí na hladké válcové tyče, osazené a závitové hlavy.[19]

Trhací stroje kreslí v průběhu trhací zkoušky na milimetrový papír, upnutý na buben registračního přístroje, pracovní diagram (**obr.24**), udávající závislost poměrného prodloužení ε na napětí σ (nebo změny délky Δl na zatěžující síle F).



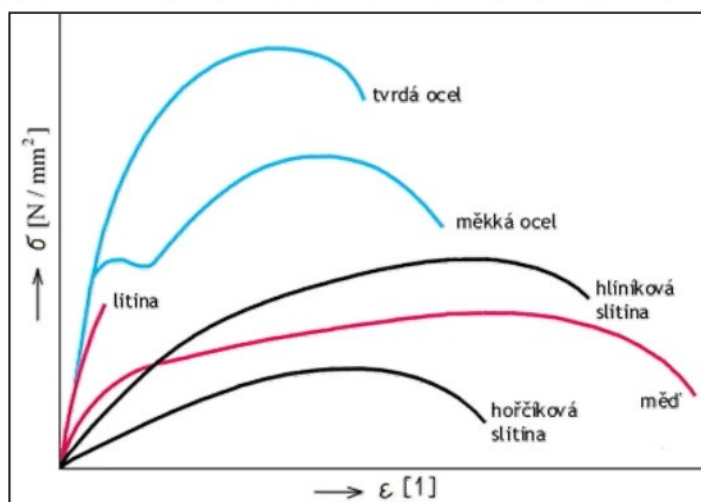
Do bodu U je mez úměrnosti-zde je prodloužení ještě přímospměné napětí (Hookův zákon), do bodu E je mez pružnosti- po odlehčení zatížení nejsou vyvolané trvalé deformace, K je mez kluzu- nejmenší napětí, při němž nastávají podstatné deformace, P je mez pevnosti- největší napětí, S- napětí při přetržení [7]

OBR. 24 PRACOVNÍ DIAGRAM ZKOUŠEZ TAHEM A TLAKEM U MĚKÉ UHLÍKOVÉ OCELI

2.6.2.3 Tvary pracovních diagramů dle materiálu

Tvar pracovního diagramu se mění podle druhu materiálu. Na (**obr.25**) jsou uvedeny pracovní diagramy pro některé konstrukční materiály.

Měkké nízkouhlíkové oceli mají typickou výraznou mez kluzu. Naproti tomu pro křehké materiály, jako jsou například litiny nebo tvrdé zakalené (nepouštěné) oceli, je (viz.**obr.25**) patrná malá plastická deformace.



OBR.25 TVAR PRACOVNÍHO DIAGRAMU PODLE DRUHU MATERIÁLU

Pro měď či austenitické oceli je charakteristický diagram s dvěma pozvolnými zlomy, které charakterizují deformační zpevnění.[23]

2.6.2.4 Vyhodnocování zkoušky pevnosti litin s lupínkovým grafitem

Jak již bylo popsáno výše, při rozboru deformačních křivek získaných klasickým měřením, se vyhodnocuje zejména pro litinu s lupínkovým grafitem (GJL) pouze mez pevnosti R_m . Pro konstruktéry je však tato hodnota údajem pouze informativním, neboť pro ně mají daleko větší význam hodnoty mezních stavů napětí. Neznalost dovolených hodnot pak s sebou přináší řadu potíží. Předimenzovanost strojních součástí a tím i velká hmotnost nebo v opačném případě poddimenzování a následné porušení součástí. [20]

2.6.3 TVRDOST

Tvrdość, jako jedna z mechanických vlastností, má hlavně u kovových materiálů mimořádnou důležitost. Je to proto, že ze všech vlastností materiálu ji můžeme zjistit nejrychleji, nejlevněji a i na předmětech nejmenších rozměrů. Z tvrdosti často usuzujeme i na některé další vlastnosti materiálu (pevnost v tahu, obrobiteľnosť apod.). Tvrdość definujeme jako odpor, který klade materiál proti vnikání cizího tělesa. Na této definici je založena většina přístrojů k měření tvrdosti. Pro tvrdost používáme značku H. Zkoušky tvrdosti rozdělujeme na zkoušky statické a dynamické dále pak na vrypové (podle Martense), vnikací (podle Brynela, Rockwella, Vickerse) a odrazové (podle Shorea). Z důvodu použití statické vnikací Brinellovy zkoušky v diplomové práci se v této kapitole zaměříme zejména na tuto. [23,13]

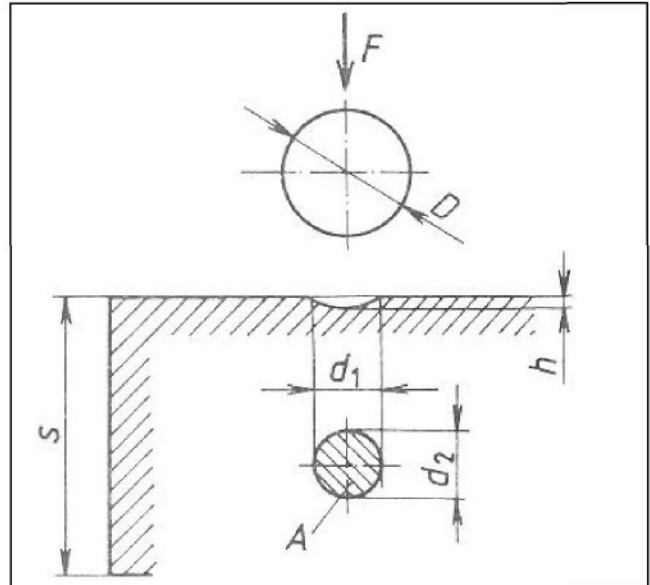
2.6.3.1 Princip měření dle Brinella

Tvrdość podle Brinella (ČSN 42 0371) se zjišťuje vtláčováním ocelové kalené kuličky o průměru D do zkušebního tělesa silou F , která směřuje kolmo k povrchu tělesa po stanovenou dobu. Následně po odlehčení se změří průměr vtisku dvakrát kolmo na sebe d_1 a d_2 , aby chom minimalizovali chyby vzniklé nepřesností vtisku (viz. *obr. 26*). [15,13]

Doba působení síly o dané velikosti závisí na struktuře materiálu. Měkčí materiály se zatěžují delší dobu. U slitin železa je zatížení od 10 do 15 s. U neželezných slitin od 10 do 180 s. U Brinellovy zkoušky je měření vtisku poměrně nepřesné. Vtisk bývá někdy nezřetelný a

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

nesouměrný. Na průměr vtisku má velký vliv i vtažení materiálu po kraji vtisku (u materiálu nezpevněného), nebo naopak vytlačení obvodového (u materiálu zpevněného). Příčinou další chyby je deformace použité vtláčované kuličky (je z kalené oceli). Pro materiály tvrdší než HB=400 není ocelová kulička vhodná a používají se kuličky ze slinutých karbidů.



OBR. 26 PRINCIP MĚŘENÍ TVRDOSTI DLE BRINELLA

Zatěžovací síla je určena podle vztahu:

$$F = \frac{K \cdot D^2}{0,102} \quad [\text{N}] \quad (11)$$

Kde K je stupeň zatížení volený podle předpokládané tvrdosti (druhu materiálu) od 30 do 1 (viz. *tab. 3*).

2.6.3.2 Výsledky měření dle Brinella

Označení tvrdosti se skládá ze značky tvrdosti HB a k ní připojených údajů podmínek zkoušky, tj. průměru kuličky D, síly F a doby zatížení t. Tyto údaje jsou od sebe odděleny lomítkem (např. HB 5/7500/30 = 320). Pro nejběžnější podmínky, tj. HB 10/30000/10, používáme jen označení HB (např. HB=210). Měření tvrdosti v TRW i v BAK proběhlo za podmínek HB 5/750/20, kde hodnota

TAB.3 PODMÍNKY ZKOUŠKY DLE BRINELLA

Průměr kuličky (mm)	Zatížení F[N] pro zatěžovací stupeň K			
	30	10	5	2,5
10	29 430	9 800	4 900	2 450
5	7 355	2 450	1 225	613
2,5	1 840	613	306,5	153,2
Tvrdost HB	96 až 450	32 až 200	16 až 100	8 až 50
Vhodné pro materiál	oceli, litiny, spec. slitiny	Cu, Ni a jejich slitiny	Al, Mg, Zn a jejich slitiny	ložiskové kovy

zátěžné síly je udávána ve starých jednotkách tzv. kilopondech. Po přepočtu dle vztahu (11) dostáváme hodnotu zátěžné síly (uvedenou v tabulce 4) 7355 N.[15,13,20]

1kilopond =1kp = 9,80665 N (přesně). [12]

2.6.3.3 Výpočet tvrdosti dle Brinella

Brinellova tvrdost je dána vztahem (12), kam dosazujeme hodnoty dle **obr.16** s tím, že průměr vtisku d vypočítáme z aritmetického průměru odečtených hodnot d_1, d_2 . Hodnoty tvrdosti jsou zaznamenány v přehledných tabulkách podle nastavených parametrů zkoušky.

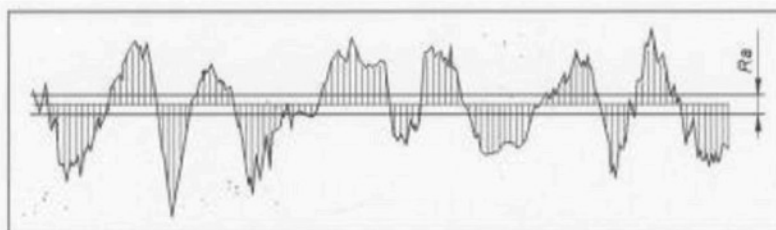
$$HB = \frac{0,102 \cdot F}{A} = \frac{0,102 \cdot 2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad [-] \quad (12) \quad [15]$$

2.6.4 DRSNOST

1. Charakteristiky drsnosti

dle (ČSN EN ISO 4287:1999)

R_a – Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu: Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky. (**obr.27**)



OBR.27

$R_{mr}(c)$ – Materiálový poměr profilu (nosný podíl): Poměr (%) délky materiálu elementů profilu $MI(c)$ na dané úrovni c , k vyhodnocované délce.

R_{Sm} – Průměrná šířka prvků profilu: Aritmetický průměr šířek X_s prvků profilu v rozsahu základní délky, nebo-li určuje šířky prvků profilu v rozsahu základní délky. Jedná se o charakteristiku drsnosti v podélném směru povrchu.

R_t – Celková výška profilu drsnosti: Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky l_n .

R_{zi} – Aritmetická hloubka profilu: Aritmetický průměr nejvyšších výšek profilu v jednotlivých základních délkách z vyhodnocované délky, standardně obsahující 5 základních délek.

R_{z1max} – Maximální prohlubeň profilu drsnosti: Největších pět R_{zi} -hodnot z pěti základních délek l_{ri} uvnitř

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

vyhodnocované délky l_n .

Rz – Největší výška profilu: Součet výšky Z_p nejvyššího výstupku profilu a hloubky Z_v nejhlubší prohlubně profilu
v rozsahu základní délky. [24]

2.6.4.1 Vyhodnocení měření drsnosti

Dle (ČSN EN ISO 4288:1999)

Charakteristiky drsnosti, zvláště parametry vertikální R_t , R_z , R_{z1max} a R_a , se pohybují v rozmezí od -20% do +30%. Jedna samotná naměřená hodnota proto nemůže podávat žádnou komplexní výpověď o respektování tolerovaných parametrů. V normě ČSN EN ISO 4288 příloze A je tato skutečnost upřesněna[24]

2.7 Nedestruktivní zkoumání materiálu

Obor nedestruktivních zkoušek materiálů se dá rozdělit na oblasti defektoskopie a strukturoskopie.

Defektoskopie se zabývá zjišťováním skrytých povrchových i vnitřních vad, které porušují celistvost materiálu. Zahrnuje velké množství postupů a metod, kterými se dále nebudeme zabývat.

Strukturoskopie (bezdemontážní diagnostika struktury) využívá souvislosti mezi fyzikálními vlastnostmi a strukturně-mechanickými parametry materiálu. V průmyslu se používají praxí ověřené metody vířivých proudů (pro hodnocení železných i neželezných slitin) a impulzní magnetické metody (pro hodnocení feromagnetických slitin).

Ve specifických oblastech výroby její význam pro výrobu kvalitního finálního výrobku převažuje nad klasickou defektoskopií – například slévárenství litinových odlitků. [5]

Závodě TRW se jen pro úzkou skupinu výrobků používá metoda vířivých proudů.

Na zkoumaných typech kotoučů se tato metoda neaplikuje.

3.PRAKTICKÁ ČÁST

Experimentální část se zabývá ověřením vlivu chemického složení na strukturu a mechanické vlastnosti grafitické šedé litiny a vyhodnocením tohoto vlivu z hlediska výroby a zkoušení u brzdových kotoučů.

Použité vzorky brzdových kotoučů byly zhotoveny z odlitků dodaných firmou BAK. Tyto zkoumané odlitky jsou vyrobené z HC materiálu.

Co je HC materiál?

Vysvětlení podal Dr. John Krosnar. Originál tohoto prohlášení je součástí přílohy.

Je obecně uznáváno, že jako vysokouhlíková litina je považována ta, v jejímž materiálovém složení se obsah uhlíku pohybuje v rozsahu 3,6 -3,9%. Použití takového materiálu může poskytnout jak slévárně tak obrobně a samozřejmě konečnému zákazníkovi zřetelný benefit.

Brzdové kotouče vyrobené z vysokouhlíkové litiny mají optimální termickou konduktivitu, což je zajištěno optimálním složením uhlíku a křemíku v litině.

Souhrn vlastností odlitků je výborný, s dobrou strukturální celistvostí a minimem odlišností v důležitých rysech jako je mikrostruktura a tvrdost. Výsledkem dobré tepelné vodivosti mají vysokouhlíkové kotouče dobrou odolnost proti kroucení a tepelnému praskání poněvadž spolu tyto problémy úzce souvisejí.

Vysoký obsah uhlíku ve složení snižuje hodnotu tvrdosti materiálu, ale výsledná hodnota tvrdosti se zase natolik neliší od tradičně používaných litin se středním obsahem uhlíku.

V důsledku toho je nutné zaplatit výběr materiálu pro brzdové destičky, kde je problém s velkým opotřebením.

Obrobitelnost litinových odlitků má velký vliv na ekonomiku výroby. Zvýšení obsahu uhlíku nemá škodlivý vliv na obrobitelnost ani na finální povrch a skutečně je možné zachování vysoko objemové výroby.

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Vysoko uhlíkové odlitky brzdových kotoučů také pomáhají pustit se do řešení problémů s vibracemi a hlučností vozu. V důsledku zlepšení tepelného odvodu u vysokouhlíkových odlitků budou brzdové kotouče mnohem méně trpět krouživostí a tudíž i vibracemi. Dále také vysokouhlíkové kotouče redukují hlučnost vozidel díky zvýšení jejich tlumících schopností.[3]

Brzdové kotouče mají označení : DF 4376 CDHC, DF 1225 CDHC a DF2591 CDHC .Jedná se o přední větrané kotouče zhotovené z HC litiny dle normy T-2-11-75 (TL 048 A) (viz příloha) [22]

Použité odlitky jsou ze tří různých licích dávek, která každá má své označení a je slévárnou deklarováno jejich chemické složení, tvrdost a pevnost odlitků. (viz příloha)

Tyto dávky jsou pro jednotlivé typy kotoučů značeny takto:

DF 4376 CDHC - šarže 05LF

DF 1225 CDHC - šarže 19HG

DF2591 CDHC – šarže 29KG

Chemické složení litiny je určované pomocí emisního spektrometru SPECTROMAXx ze vzorků „penížků“ odlitých při odlévání jednotlivých šarží.

Tvrdost je měřena zkouškou podle Brinela na stacionárním tvrdoměru.

Pevnost je udávána jako pevnost v tahu a je měřena na zkušebních tyčkách též odlitých při odlévání jednotlivých šarží a upravených pro uchycení v trhacím zařízení.

Od každého typu brzdového kotouče byly ve stejné šarži odlity následující počty kusů, které pak dále prošly procesem výroby (Obrábění, vyvažování, lakování)

DF 4376 CDHC - šarže 05LF 1800ks

DF 1225 CDHC - šarže 19HG 1900ks

DF2591 CDHC – šarže 29KG 1900ks

Od každého typu jsem pro účely zkoumání odebral 6ks vzorků náhodně vybraných z každé výrobní dávky.

3.1 Měření tvrdosti

Prvním krokem experimentu bylo přikročení k provedení zkoušek tvrdosti dodaných odlitků a jejich srovnání s tvrdostí deklarovanou slévárnou. Toto jediná standardně prováděná zkouška na vstupujícím materiálu v TRW.



Tvrdot byla ověřena na tvrdoměru firmy VEB (*obr.28*) provedením zkoušky podle Brinela dle specifikace T-2-11-75 (TL 048 A) [22].

Výsledky měření jsou uvedeny v (*tabulce 4*)

OBR.28

Pro další možné srovnání jsem též provedl výpočet tvrdosti podle experimentálního vzorce (4), přičemž jsem nejdříve spočítal dle chemického složení Stupeň eutektičnosti (2) a Uhlíkový ekvivalent. (1) Dále zde uvádím deklarovanou a vypočítanou mez pevnosti pro tyčku o průměru 20mm.(3)

TAB.4

Vzorek	Tvrdot HB Deklarovaná	Tvrdot HB naměřená	Tvrdot HB Vypočítaná	Stupeň Eutektičnosti Sc	Uhlíkový ekvivalent Ce	Rm Vypočítaná	Rm Deklarovaná
1225 1A	191 - 196	210	189,6	1,02	4,34	224	203
1225 1B	191 - 196	205	189,6	1,02	4,34	224	203
1225 1C	191 - 196	198	189,6	1,02	4,34	224	203
1225 2A	191 - 196	215	189,6	1,02	4,34	224	203
1225 2B	191 - 196	208	189,6	1,02	4,34	224	203
1225 2C	191 - 196	205	189,6	1,02	4,34	224	203
2591 1A	201 - 206	219	181,5	1,05	4,42	201	185
2591 1B	201 - 206	216	181,5	1,05	4,42	201	185
2591 1C	201 - 206	219	181,5	1,05	4,42	201	185
2591 2A	201 - 206	208	181,5	1,05	4,42	201	185
2591 2B	201 - 206	215	181,5	1,05	4,42	201	185
2591 2C	201 - 206	212	181,5	1,05	4,42	201	185
4376 (3929 1)	186 - 190	207	186,9	1,03	4,34	217	215
4376 (3929 2)	186 - 190	214	186,9	1,03	4,34	217	215
4376 (3929 3)	186 - 190	215	186,9	1,03	4,34	217	215
4376 1A	186 - 190	199	186,9	1,03	4,34	217	215
4376 1B	186 - 190	204	186,9	1,03	4,34	217	215
4376 1C	186 - 190	206	186,9	1,03	4,34	217	215

3.2 Ověření struktury

Pro ověření struktury odlitků bylo zapotřebí připravit metalografické vzorky.

Postup byl následující: Z každého z 18 zkoumaných vzorků jsem odebral část z brzdové plochy tak, abych teplotně neovlivnil zkoumaný materiál. Nejprve jsem z celých odlitků odebral výseče pomocí strojní pily s chlazením a následně jsem v Laboratoři TU upravil vzorky pomocí chlazeného řezacího kotouče na výsledný požadovaný rozměr.

Dále jsem vzorky zalisoval do dnetakrylu pomocí lisu Simplimet 1000 od firmy BUEHLER viz (*obr. 29*) a provedl jsem leštění jednotlivých vzorků pomocí automatického brusného a leštícího přístroje Phoenix Beta také od společnosti BUEHLER.



OBR.29

Pro závěrečné leštění jsem použil diamantovou pastu.

Po vyleštění jsem provedl první vyhodnocení všech vzorků pod mikroskopem bez naleptání, aby bylo možno dobře ověřit tvar a rozložení grafitu. Pro vyhodnocování jsem použil srovnávací metodu pomocí etalonových řad podle normy ČSN EN 42 0461 a ČSN EN ISO 945 viz příloha , která upravuje normu ČSN EN ISO (420464)

Požadovaný tvar, rozložení a velikost grafitu v HC odlitcích brzdových kotoučů je udáván normou T-2-11-75 (TL 048 A), která stanovuje Tvar I

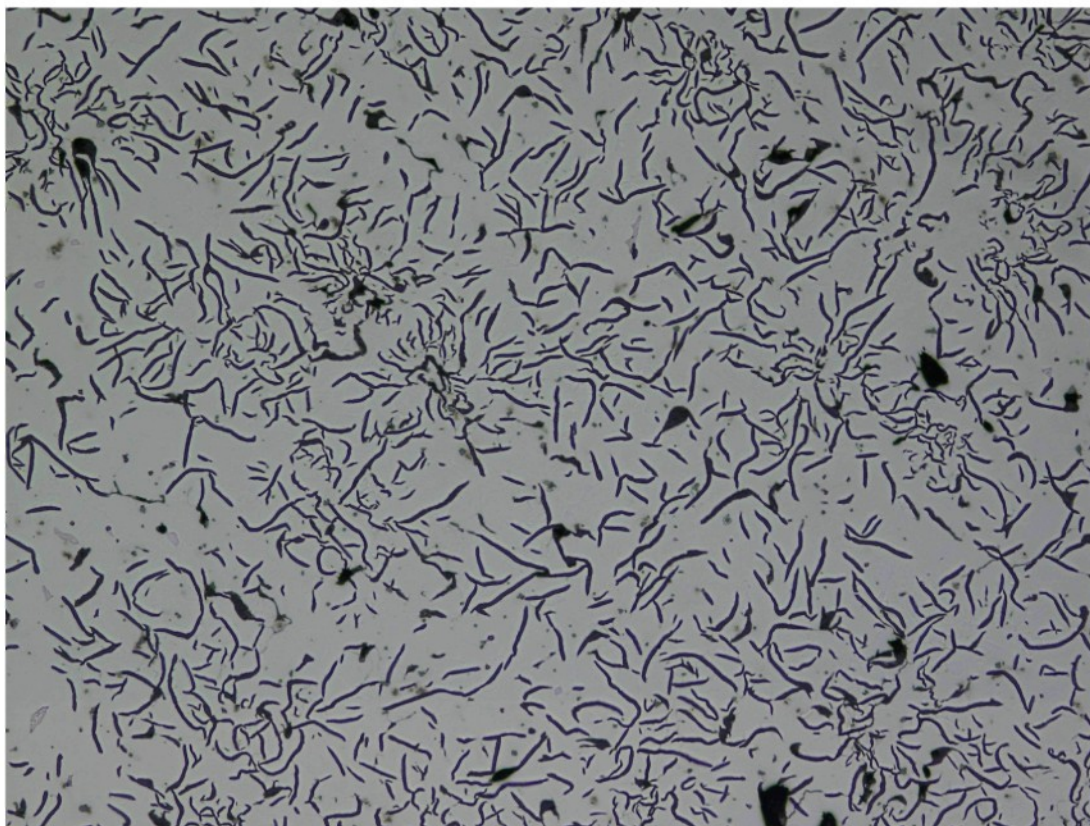
Rozložení a velikost A 3-5, tolerováno bude D 7-8, kromě obrobených ploch.

Příklad fotografické dokumentace připraveného nenaleptaného vzorku je na (*obr.30*)

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Další fotografická dokumentace všech zkoumaných vzorků je uvedena v příloze

OBR.30 Metalografický výbrus šedé litiny vzorku 2591/2A ve 100 násobném zvětšení



Vyhodnocení tvaru, rozložení a velikosti grafitu jsem uvedl v (*tabulce 5*)

TAB.5

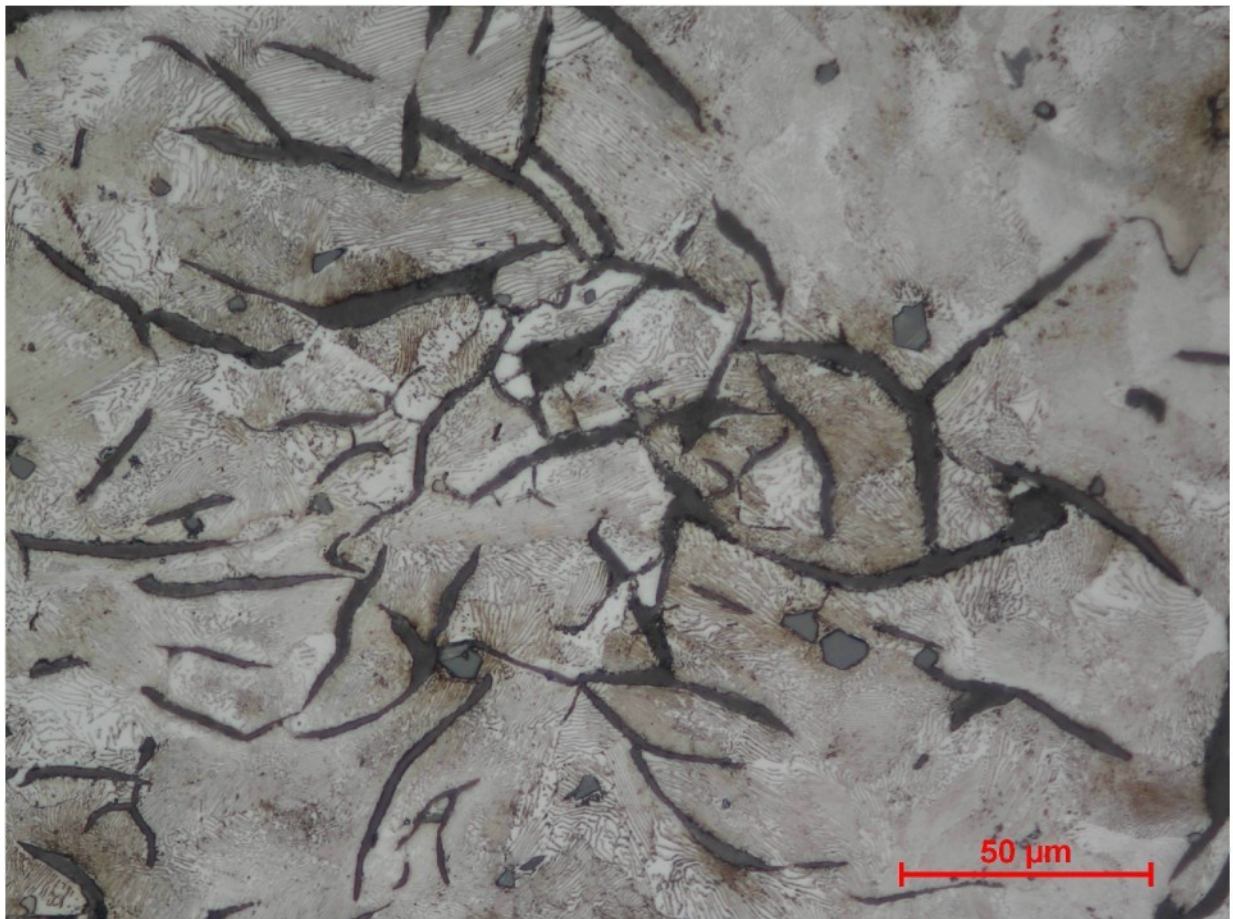
Vzorek	Tvar	Rozložení	Velikost
1225 1A	I Lupínkový	D	4 - 6
1225 1B	I Lupínkový	A	3 - 5
1225 1C	I Lupínkový	D	4 - 5
1225 2A	I Lupínkový	A	4 - 5
1225 2B	I Lupínkový	E	4 - 6
1225 2C	I Lupínkový	A	3 - 5
2591 1A	I Lupínkový	D	4 - 6
2591 1B	I Lupínkový	A	3 - 5
2591 1C	I Lupínkový	A	3 - 5
2591 2A	I Lupínkový	A	3 - 5
2591 2B	I Lupínkový	A	3 - 5
2591 2C	I Lupínkový	A	3 - 5
4376 (3929 1)	I Lupínkový	A	3 - 5
4376 (3929 2)	I Lupínkový	A	3 - 5
4376 (3929 3)	I Lupínkový	A	3 - 5
4376 1A	I Lupínkový	D	4 - 6
4376 1B	I Lupínkový	D	4 - 6
4376 1C	I Lupínkový	A	4 - 6

I Lupínkový
A Rovnoměrně
D Mezidendritické neusměrněné
E Mezidendritické usměrněné

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

Dalším krokem pro prověření struktury bylo naleptání jednotlivých vzorků 3% NITALEm a opětovné vyhodnocení struktury pod mikroskopem. Požadovaná struktura je lanmlárně – perlitická s podílem feritu do 10%.

Všechny zkoumané vzorky této podmínce vyhověly. Příklad fotografie naleptaného vzorku je na (obr. 31)



OBR.31 Metalografický výbrus šedé litiny vzorku 1225/1A leptáno 3% NITAL

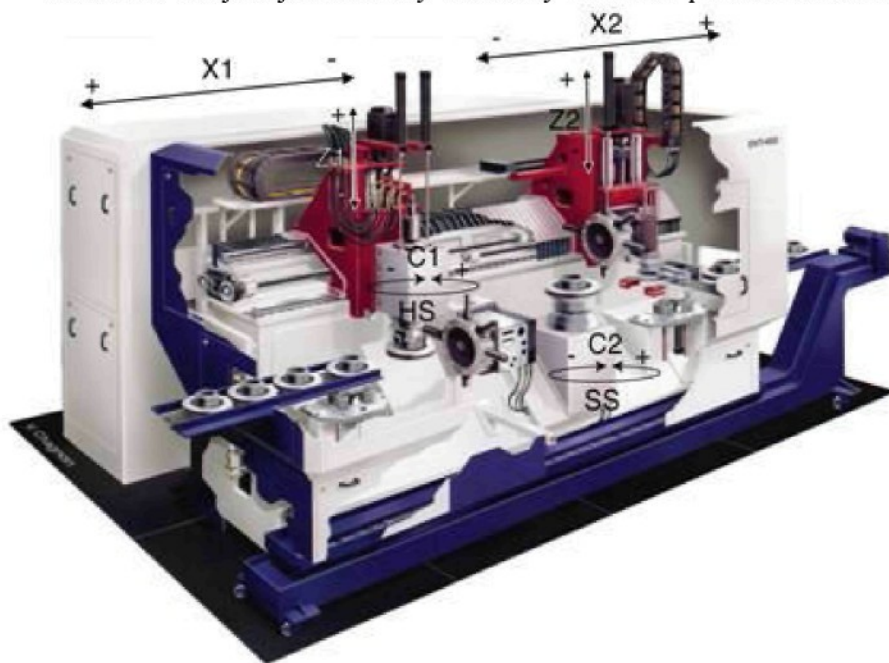
3.3 Prověření obrobitelnosti

V TRW ve Frýdlantu se pro obrábění brzdových kotoučů používá 7 moderních obráběcích linek od firem IMAG a HESSAPP které se skládají z obráběcích center (viz *obr.32*), vrtávacích center, vyvažovacího centra a lakovny.

Na těchto strojích jsou odlitky obráběny na sucho pomocí keramických plátek, jejichž složení je

nejčastěji Si_3N_4 , Al_2O_3 .
Obráběcí plátky mají
označení

CNMX 120712
DNMX 150716
SCGN 120408.



OBR.32

Jako jedním možným ukazatelem obrobitelnosti je brána spotřeba obráběcích plátek na počet vyrobených kusů.

Vzhledem ke skutečnosti, že výroba brzdových kotoučů pro náhradní spotřebu se plánuje oproti OE v podstatně menších výrobních dávkách, byl tento experiment nejdelší z hlediska časové náročnosti ze všech prováděných experimentů. Bylo zapotřebí obrobit velké množství odlitků. Pro lepší korektnost naměřených výsledků bylo obrábění prováděno pouze na dvou výrobních linkách.

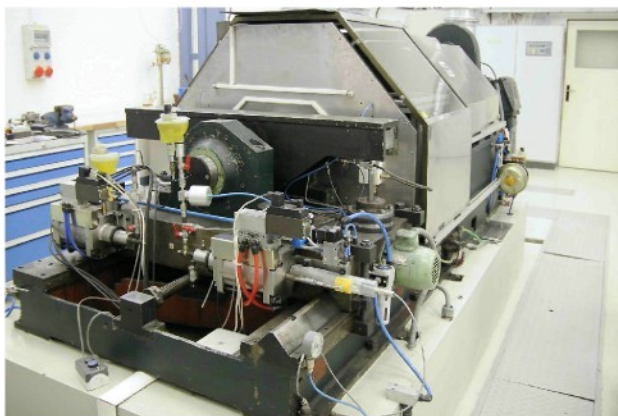
Naměřené hodnoty jsou uvedené v (*tabulce 6*)

TAB.6

Vzorek Typ obr. Plátku	Počet kusů BK obrobených 1 hranou		
	CNMX 120712	DNMX 150716	SCGN 120408
1225 1A	210	310	220
1225 1B	210	300	220
1225 1C	210	320	210
1225 2A	220	320	220
1225 2B	210	310	210
1225 2C	220	310	220
2591 1A	200	300	200
2591 1B	190	300	200
2591 1C	200	310	200
2591 2A	200	300	190
2591 2B	200	290	200
2591 2C	190	280	200
4376 (3929 1)	190	280	180
4376 (3929 2)	180	280	180
4376 (3929 3)	190	290	190
4376 1A	190	290	190
4376 1B	180	280	180
4376 1C	180	290	180

3.4 MĚŘENÍ NA DYNAMOMETRU

Test se provádí na dynamometru (viz *obr.33*) a popisuje vliv tlaku, teploty a rychlosti na třecí materiál. Test se používá pro srovnatelný frikční materiál ve stejné kvalitě. Vzhledem k velmi vysoké finanční náročnosti tohoto testu (desítky tisíc Kč) bylo možné prověřit pouze jeden typ testovaných brzdových kotoučů.



OBR.33

Pro tento test jsem vybral brzdový kotouč DF 4376CDHC z důvodu největšího obsahu nečistot v chemickém složení (P,S)

3.4.1 DRSNOST A DTV

Prvním krokem před započítím měření bylo zapotřebí zajistit originální brzdové kotouče od firmy GM, které jsou také vyrobeny z HC šedé litiny a nové brzdové destičky, aby byla zaručena regulernost testu.



Dále jsme na připravených vzorcích provedli měření drsnosti třecích ploch a kontrolu rovinnosti DTV.

Drsnost jsme měřily pomocí drsnoměru Mitutoyo SJ- 201 viz (*obr.34*), kde jsme měřili drsnost Ra, což je dle normy DINO EN 4287 - aritmetický střed absolutních odchylek filtrovaného profilu drsnosti od střední čáry uvnitř základní délky.

Drsnost předepsaná

OBR.34

výkresem je stanovena na Ra =2,5.

DTV, což je přípustná odchylka tloušťky 0,01Max ve směru rotace na všech Ø kružnicích jsme měřili pomocí zařízení Hommel form test 4004 viz (*obr.35*) Výsledné protokoly z měření jsou součástí přílohy.



OBR.35

Pro protokolární záznam naměřené drsnosti nemáme v TRW

záznamové zařízení, proto jsem Naměřené hodnoty pouze uspořádal do (*tabulky 7*) a provedl jsem fotografický záznam povrchu třecích ploch obou kotoučů (*obr. 36*) a (*obr.37*). Hodnoty DTV jsem zaznamenal do (*tabulky 8*)

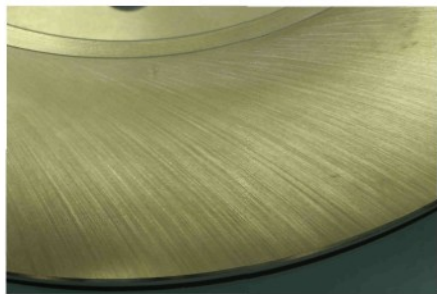
TAB.7

Vzorek	drsnost Ra 1	drsnost Ra 2	drsnost Ra 3	Ø drsnost
DF4376 Originál GM	0,92	0,9	0,91	0,91
DF4376	1,48	1,51	1,47	1,49

TAB.8

Vzorek	DTV
DF4376 Originál GM	0,0039
DF4376 IAM	0,009

OBR.36 povrch DF 4376 GM



OBR.37 povrch DF 4376 TRW



3.4.2 MĚŘENÍ TŘECÍCH VLASTNOTÍ

Jednotlivé testy kotoučů byly pro účel Dynamického testování označeny následovně:

Test na kotouči vyrobeném v TRW byl označen jako **T3934**

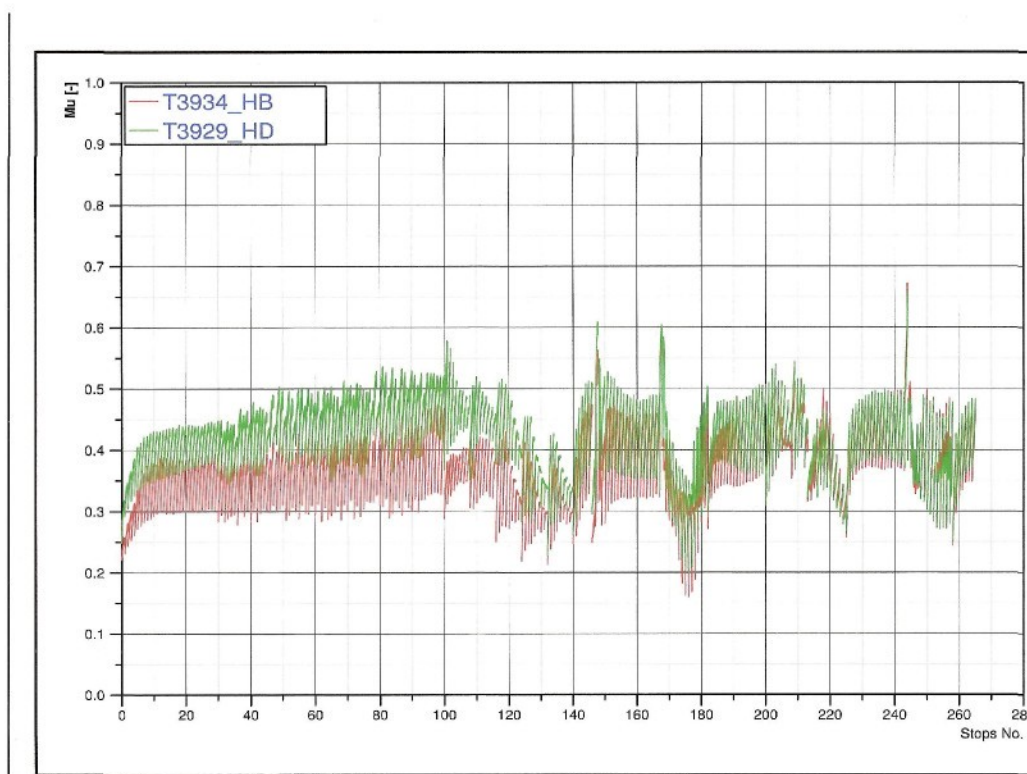
Test na kotouči dodaném GM (originál) byl označen jako **T3929**

Test probíhal dle požadavků GM. Předpis tohoto testu je součástí přílohy na CD.

V průběhu testu je vyhodnocována teplota, součinitel tření a objem brzdové kapaliny. Test probíhá po dobu několika cyklů, při kterých jsou měněny charakteristiky zatížení. Měřené hodnoty jsou vyhodnocovány v závislosti na změně brzdného tlaku, různé rychlosti zpomalení a na různé hodnotě teploty.

Veškerá měření jsou vyhotovena ve formě formulářů a jsou součástí přílohy.

Po ukončení testů obou zkušebních vzorků jsme provedli jejich srovnání, jenž je znázorněno na (**obr.38**)



OBR.38

3.5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

3.5.1. VYHODNOCENÍ VLIVU ROZLOŽENÍ GRAFITU NA OBROBITELNOST

TAB.9

Vzorek	Tvar Grafitu	Rozložení Grafitu	Velikost Grafitu	Počet kusů BK obrobených 1 hranou		
				CNMX 120712	DNMX 150716	SCGN 120408
1225 1A	I Lupínkový	D	4 - 6	210	310	220
1225 1B	I Lupínkový	A	3 - 5	210	300	220
1225 1C	I Lupínkový	D	4 - 5	210	320	210
1225 2A	I Lupínkový	A	4 - 5	220	320	220
1225 2B	I Lupínkový	E	4 - 6	210	310	210
1225 2C	I Lupínkový	A	3 - 5	220	310	220
2591 1A	I Lupínkový	D	4 - 6	200	300	200
2591 1B	I Lupínkový	A	3 - 5	190	300	200
2591 1C	I Lupínkový	A	3 - 5	200	310	200
2591 2A	I Lupínkový	A	3 - 5	200	300	190
2591 2B	I Lupínkový	A	3 - 5	200	290	200
2591 2C	I Lupínkový	A	3 - 5	190	280	200
4376 (3929 1)	I Lupínkový	A	3 - 5	190	280	180
4376 (3929 2)	I Lupínkový	A	3 - 5	180	280	180
4376 (3929 3)	I Lupínkový	A	3 - 5	190	290	190
4376 1A	I Lupínkový	D	4 - 6	190	290	190
4376 1B	I Lupínkový	D	4 - 6	180	280	180
4376 1C	I Lupínkový	A	4 - 6	180	290	180

TAB.10

Rozložení Grafitu	Prům. počet obrobených kusů 1 hranou		
	CNMX 120712	DNMX 150716	SCGN 120408
A	197,5	295,83	198,33
D	198	300	200
E	210	310	210

Z uvedených hodnot jsem zjistil, že rozložení grafitu nemá prakticky žádný vliv na spotřebu obráběcích plátků i když je v některých případech rozložení grafitu mimo povolenou normu. Rozložení E vykazuje sice mírně nižší spotřebu obráběcích plátků, ale pouze z jednoho případu nelze usuzovat na zlepšující se tendenci.

3.5.2. VYHODNOCENÍ VLIVU CHEMICKÉHO SLOŽENÍ NA OBROBITELNOST

TAB.11

Chemické složení v %		
DF4376	Spec.	PDC
C	3,700 Min	3,723
Si	1,600 Min	1,910
Mn	0,400-0,800	0,700
P	0,100 Max	0,090
Sl	0,100 Max	0,099
Cr	0,200 Max	0,110
Ni	0,200 Max	0,070
Mo	0,600 Max	0,025
Cu	0,600 Max	0,200
Al		0,001
Ti		0,012
Pb		0,001

TAB.12

Chemické složení v %		
DF2591	Spec.	PDC
C	3,700 Min	3,790
Si	1,600 Min	1,950
Mn	0,400-0,800	0,700
P	0,100 Max	0,080
Sl	0,100 Max	0,070
Cr	0,200 Max	0,120
Ni	0,200 Max	0,050
Mo	0,600 Max	0,048
Cu	0,600 Max	0,200
Al		0,006
Ti		0,011
Pb		0,001

TAB.13

Chemické složení v %		
DF1225	Spec.	PDS
C	3,700 Min	3,710
Si	1,600 Min	1,950
Mn	0,400-0,800	0,670
P	0,100 Max	0,070
Sl	0,100 Max	0,070
Cr	0,200 Max	0,060
Ni	0,200 Max	0,060
Mo	0,600 Max	0,013
Cu	0,600 Max	0,230
Al		0,006
Ti		0,013
Pb		0,001

TAB.14

Vzorek	Počet kusů BK obroběných 1 hranou		
	CNMX 120712	DNMX 150716	SCGN 120408
1225 1A	210	310	220
1225 1B	210	300	220
1225 1C	210	320	210
1225 2A	220	320	220
1225 2B	210	310	210
1225 2C	220	310	220
2591 1A	200	300	200
2591 1B	190	300	200
2591 1C	200	310	200
2591 2A	200	300	190
2591 2B	200	290	200
2591 2C	190	280	200
4376 (3929 1)	190	280	180
4376 (3929 2)	180	280	180
4376 (3929 3)	190	290	190
4376 1A	190	290	190
4376 1B	180	280	180
4376 1C	180	290	180

Při porovnání chemického složení jednotlivých šarží (viz *tabulky 11,12,13*) v závislosti na obrobitelnosti (viz *tabulka 14*) se dá usuzovat, že rozhodujícími prvky pro zhoršení obrobitelnosti jsou P a S, které jsou v největší míře obsažené v šarži ze které byly vyrobeny kotouče DF 4376.

3.5.3. VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK NA DYNOTESTU

Z provedených testů vyšlo najevo, že kotouč vyrobený v TRW má až do počtu 200 brzdných cyklů špatný třecí účinek oproti originálnímu kotouči dodaného od GM.

Vzhledem k tomu, že po dvoustých cyklech se účinnost vyrovnala jsme usoudili, že se nejedná o problém v materiálu, ale že by vliv na tento nepříznivý výsledek mohla mít drsnost obrobeného kotouče v TRW.

Po 200 cyklech se účinnost brždění mezi vzorkem DF 4376 Originál GM a DF 4376 IAM vyrovnala a tím bylo ověřeno, že DTV nemá podstatný vliv na třecí vlastnosti a že mnohem podstatněji jsou tyto vlastnosti ovlivněny drsností.

Přesto, že původní kotouč splňoval parametry drsnosti předepsané na výkrese provedli jsme přebroušení brzdných ploch. Toto přebroušení proběhlo v TRW Jablonec, kde se i test na dynamometru prováděl. Po obroušení jsme provedli měření drsnosti, kterou jsem zaznamenal do *(tabulky 15)*

Po provedení následných testů a porovnání jednotlivých výsledků kotoučů mezi sebou, již byly výsledky v pořádku, což je zaznamenáno v protokolech z měření viz příloha.

TAB.15

Vzorek	drsnost Ra 1	drsnost Ra 2	drsnost Ra 3	Ø drsnost
DF4376 Originál GM	0,92	0,9	0,91	0,91
DF4376	1,48	1,51	1,47	1,49
DF4376 Broušeno	0,94	0,92	0,93	0,93

Díky úspěšně provedené zkoušce bylo prověřeno, že brzdové kotouče vyrobené z HC litiny dokáží řádně fungovat po celou dobu zatěžovací zkoušky, která je předepsána normou, aniž by u nich došlo vlivem vysoké teploty ke zkroucení. To je dáno vyšším obsahem uhlíku vyloučeného ve formě lupínkového grafitu ve struktuře odlitku.

Dále lze ze zkoušek na Dynamometru tvrdit, že u kotoučů vyrobených z litiny s obdobným chemickým složením má z počátku na brzdné účinky mnohem větší vliv charakter

(drsnost, rovinnost) povrchu, než jejich chemické složení.

3.5.4. VYHODNOCENÍ TVRDOSTI

Přestože se deklarovaná drsnost neshoduje s drsností naměřenou, nedá se vypořádat vliv rozdílného chemického složení na výslednou tvrdost jednotlivých šarží.

Při měření tvrdosti jsem zjistil, že jsou sice všechny vzorky v předepsané toleranci, ale že ve všech případech je naměřená tvrdost vyšší, než byla tvrdost deklarovaná. Proto by bylo vhodné se na tyto rozdíly zaměřit při dalším zkoumání a pokusit se je vysvětlit.

Z vypočtených, naměřených a deklarovaných hodnot pevnosti a tvrdosti (viz *tabulka 16*)

TAB.16

Vzorek	prům. tvr. Deklarovaná	prům.tvrdost naměřená	Rm Deklarovaná	Rm Deklarovaná / Tvrdot HB Deklarovaná	Rm Deklarovaná / Tvrdot HB naměřená	Poměr vyjádřený v procentech
1225	193,5	206,83	203,00	1,0491	0,9815	100 : 93,56
2591	203,5	214,83	185,00	0,9091	0,8611	100 : 94,72
4376	188	207,50	215,00	1,1436	1,0361	100 : 90,59

jsem provedl rozbor poměru mezi tvrdostí a pevností , ze kterého vyplývá, že poměr není konstantní, přestože se jedná o stejný typ litiny, kde všechny testované šarže odpovídají normě, ale poměry mezi tvrdostí a pevností se liší. Toto je další bod, který by stál za pozornost při dalším zkoumání.

Empirické vztahy použité pro výpočet tvrdosti a pevnosti vykazují určitou nepřesnost a dají se používat jen k přibližnému určení tvrdosti a pevnosti.

Já jsem mohl přesně prověřit pouze vztah na výpočet tvrdosti, protože jsem neměl možnost provést trhací zkoušky na prověření pevnosti. Přesto je vidět, že hodnoty vypočtené s u dvou šarží liší od hodnot deklarovaných i naměřených a u jedné šarže se liší od hodnoty naměřené.

4. ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce jsem provedl:

- Měření tvrdosti
- Ověření struktury
- Prověření obrobiteľnosti
- Měření na dynamometru
- Výsledky jsem uspořádal do tabulek a grafů

Na základě analýz a skutečností zjištěných v této diplomové práci lze vyslovit následující závěry:

- Rozložení grafitu nemá prakticky žádný vliv na spotřebu obráběcích plátků i když je v některých případech rozložení grafitu mimo povolenou normu. Rozložení E vykazuje sice mírně nižší spotřebu obráběcích plátků, ale pouze z jednoho případu nelze usuzovat na zlepšující se tendenci.
- Při porovnání chemického složení jednotlivých šarží v závislosti na obrobiteľnosti se dá usuzovat, že rozhodujícími prvky pro zhoršení obrobiteľnosti jsou P a S, které jsou v největší míře obsaženy v šarži ze které byly vyrobeny kotouče DF 4376.
- Díky úspěšně provedené zkoušce na Dynamometru bylo prokázáno, že brzdové kotouče vyrobené z HC litiny dokáží řádně fungovat po celou dobu zatěžovací zkoušky, která je předepsána normou, aniž by u nich došlo vlivem vysoké teploty ke zkroucení. To je dáno vyšším obsahem uhlíku vyloučeného ve formě lupínkového grafitu ve struktuře odlitku
- Dále lze ze zkoušek na Dynamometru tvrdit, že u kotoučů vyrobených z litiny s obdobným chemickým složením má z počátku na brzdě účinky mnohem větší vliv charakter (drsnot, rovinnost) povrchu, než jejich chemické složení

Vliv chemického složení na vlastnosti grafitické litiny určené pro brzdové kotouče

- Z provedeného rozboru poměru mezi tvrdostí a pevností , vyplývá, že, poměr není konstantní, přestože se jedná o stejný typ litiny, kde všechny testované šarže odpovídají normě, ale poměry mezi tvrdostí a pevností se liší. Tato nesrovnalost, by bylo vhodné podrobit dalším zkoumáním.

Seznam použité literatury

- [1] P. Kočovský, T. Podrábský : Grafitické liatiny, EDIT ŽU, Žilina 2005
- [2] <http://www.pdcastings.co.uk/bak1.php>, ze dne 2.2. 2009
- [3] <http://www.pdcastings.co.uk/research.php> , ze dne 2.2.2009
- [4] norma ČSN EN ISO 945 OPRAVA 1 ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha 2003
- [5] ANDRŠOVÁ Z.: Teplotní stabilita měření magnetickým bodovým pólem, Diplomová práce, TU Liberec 2006
- [6] www.splhej.wz.cz/chemie/11/Litiny/, ze dne 3.4.2009
- [7] BOUČNÍK B.: Simulace mikrostruktury s ohledem na dosažení požadovaných vlastností odlitků, Disertační práce, VUT FSI, Brno 2001
- [8] www.boucnik.cz/litiny.htm, ze dne 20.4.009
- [9] ALEXIN J.: Fyzikální metalurgie, VŠST, Liberec 1986
- [10] PLUHAŘ J., KORITTA J.: Strojírenské materiály, SNTL, Praha 1966
- [11] PLUHAŘ J., KORITTA J.: Nauka o materiálech, SNTL, Praha 1989
- [12] ŠINDELÁŘ V., SMRŽ L.: Nová soustava jednotek SI, SPN, Praha 1989
- [13] http://mujweb.atlas.cz/www/pk80/pub/st/data/st1/zk3_3.htm, ze dne 2.3.2009
- [14] MACHEK V., SODOMKA J.: Nauka o materiálu 1, ČVUT, Praha 2000
- [15] <http://www.converter.cz/jednotky/tvrдост-brinell.htm>, ze dne 2.5.2009
- [16] NĚMEC M., PLACHÝ J., RŮŽIČKA A., BEDNÁŘ B., PROCHÁZKA J.: Výzkum vlivu stopových prvků a nečistot na vlastnosti šedé litiny, ČVUT, Praha 1979
- [17] http://www.mujweb.cz/www/pk80/pub/st/data/st1/zk3_1.htm, ze dne 2.3.2009
- [18] PLACHÝ J., NĚMEC M., BEDNÁŘ B.: Teorie slévání, ČVUT, Praha 2002
- [19] ODEHNALOVÁ D.: Nauka o materiálu 1, Cvičení, TU Liberec
- [20] Bc.ŘEZÁČ Z. Pevnost přepážek válců motoru z různých období, Diplomová práce, TU Liberec 2007
- [21] Norma ČSN 420461, Hodnocení metalografické struktury litin, Úřad pro normalizaci a měření, Praha 1975
- [22] Norma WV TL 048 (11.93) Šedá litina perlitická s vysokou tepelnou vodivostí. WV 11.1993
- [23] VODIČKOVÁ V.: Zkoušení materiálových vlastností, Přednášky, TU Liberec 2005
- [24] http://www.mitutoyo.cz/cz/pdf/poster_drsnosti_ra_cze_a3.pdf

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1** norma ČSN EN ISO 945 OPRAVA 1 ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT,
Praha 2003
- Příloha 2** <http://www.pdcastings.co.uk/research.php> , ze dne 2.2.2009
- Příloha 3** Výkresová dokumentace
- Příloha 4** Protokoly z měření DTV
- Příloha 5** Protokoly z měření na dynotestu a specifikace měření
- Příloha 6** Materiálové certifikáty testovaných kotoučů
- Příloha 7** Norma WV TL 048 (11.93) Šedá litina perlitická s vysokou tepelnou vodivostí.
WV 11.1993
- Příloha 8** Použité očkovadlo
- Příloha 9** Fotografická dokumentace zkoumaných vzorků



**Litina –
Určení mikrostruktury grafitu
(ISO 945:1975)**

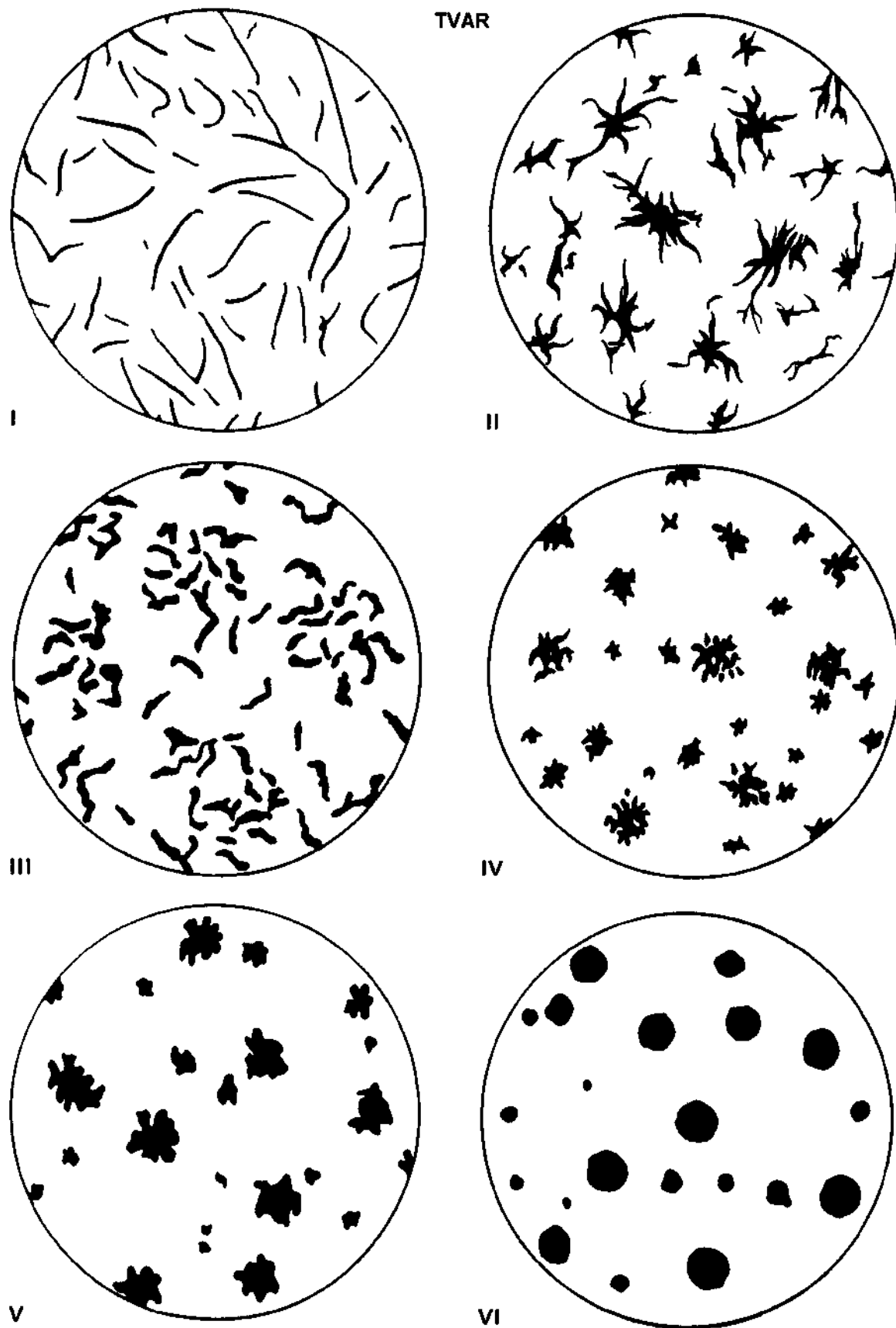
**ČSN
EN ISO 945
OPRAVA 1**

42 0464

Corrigendum

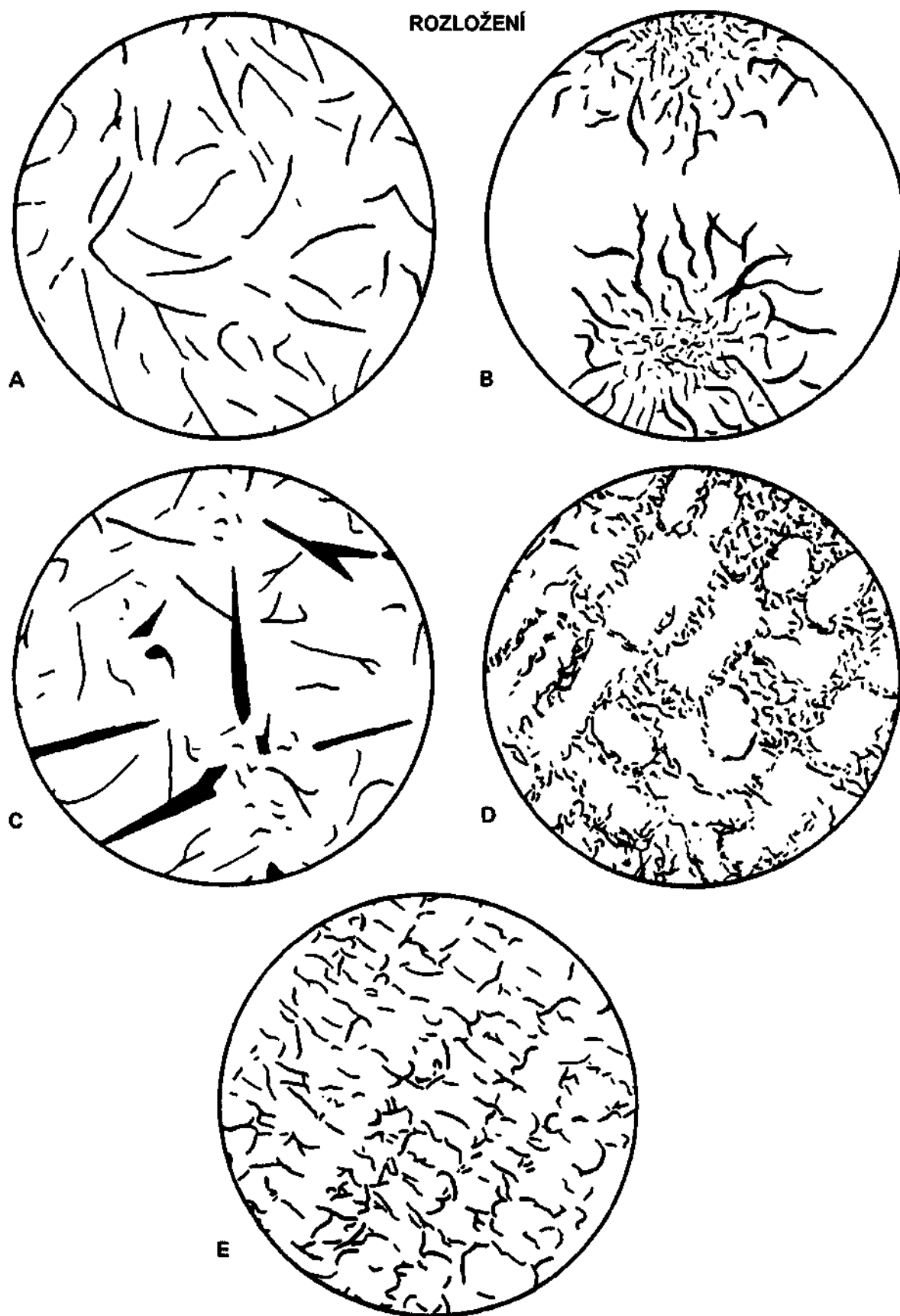
ČSN EN ISO 945 (42 0464) Litina – Určení mikrostruktury grafitu (ISO 945:1975) z července 1996 se opravuje takto:

Původní obrázky 1 až 6 se nahrazují novými:



Obrázek 1 – Etalonová řada ¹⁾ pro tvar grafitu (rozložení A)

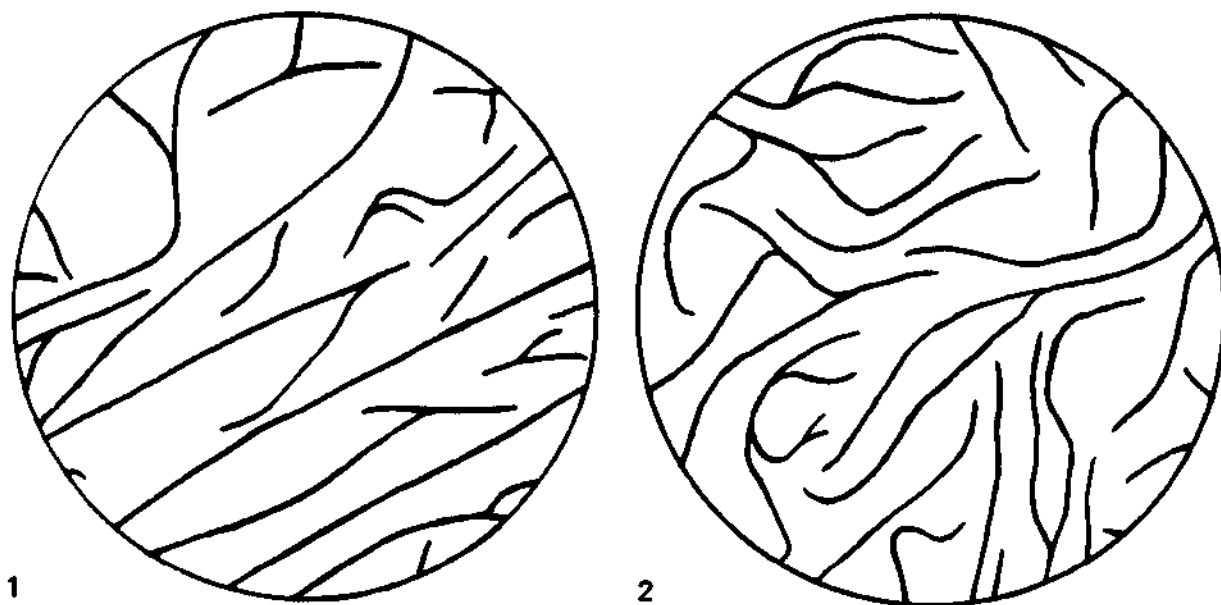
¹⁾ Obrázky ukazují pouze obrysy, ne však strukturu grafitu.



Obrázek 2 – Etalonová řada ¹⁾ pro rozložení grafitu (tvar I)

¹⁾ Obrázky ukazují pouze obrysy, ne však strukturu grafitu.

VELIKOST



Obrázek 3 – Etalonová řada ¹⁾ pro velikost grafitu (tvar I – rozložení A) – (stonásobné zvětšení) –
Třídy velikosti 1 a 2

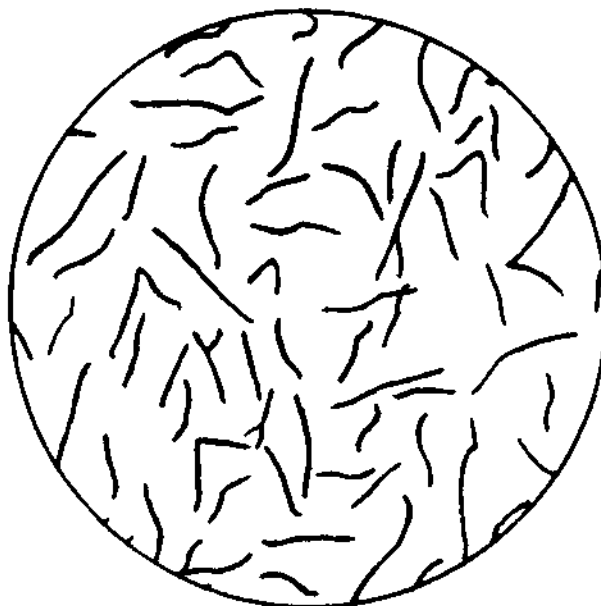
¹⁾ Obrázky ukazují pouze obrysy, ne však strukturu grafitu.

VELIKOST

Tvar I

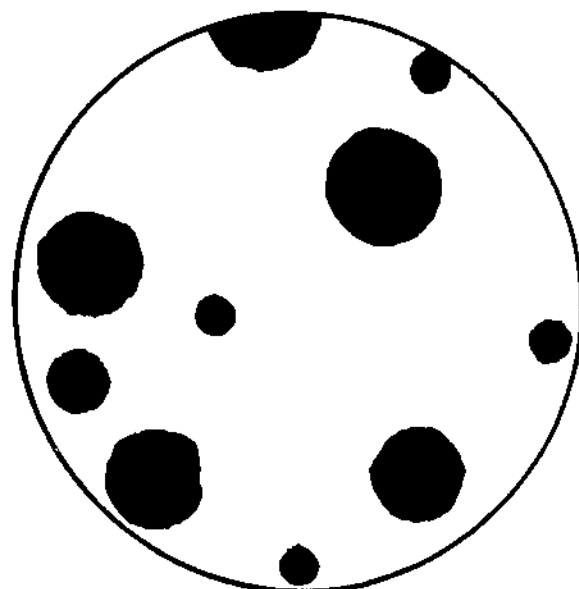
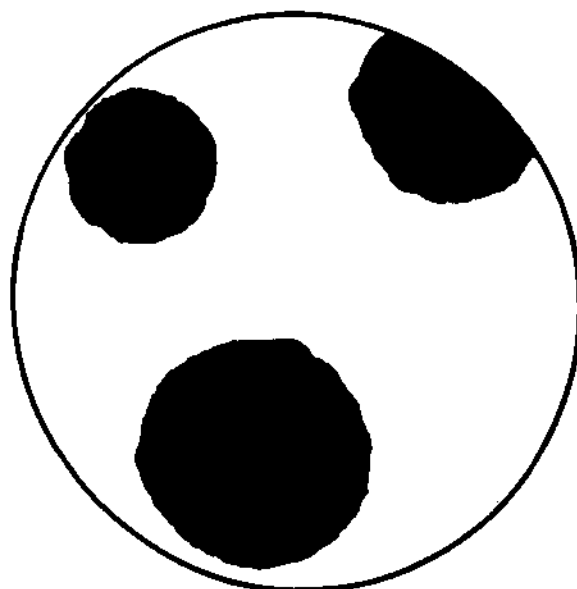


3



4

Tvar VI

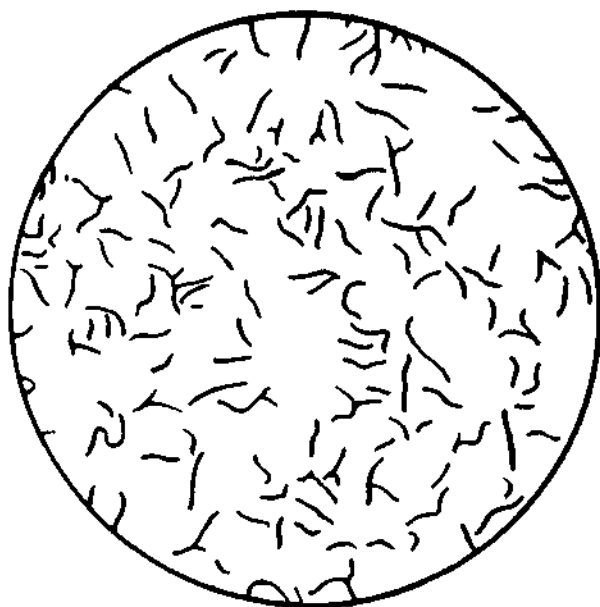


Obrázek 4 – Etalonová řada ¹⁾ velikost grafitu (tvar I a VI – rozložení A) – (stonásobné zvětšení) –
Třídy velikosti 3 a 4

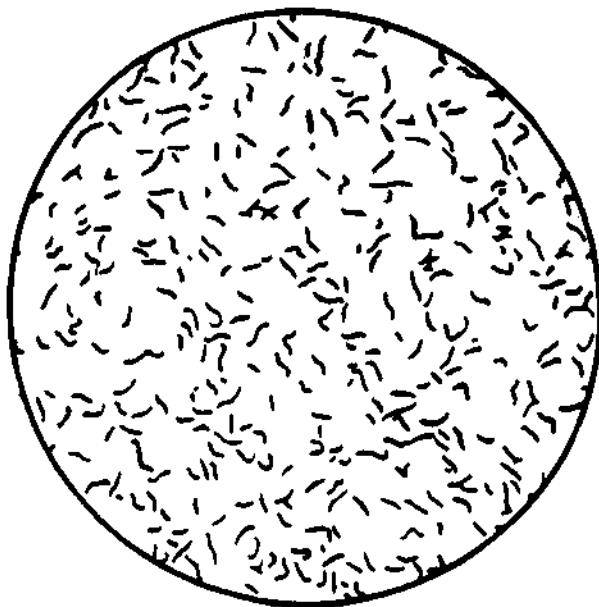
¹⁾ Obrázky ukazují pouze obrysy, ne však strukturu grafitu.

VELIKOST

Tvar I

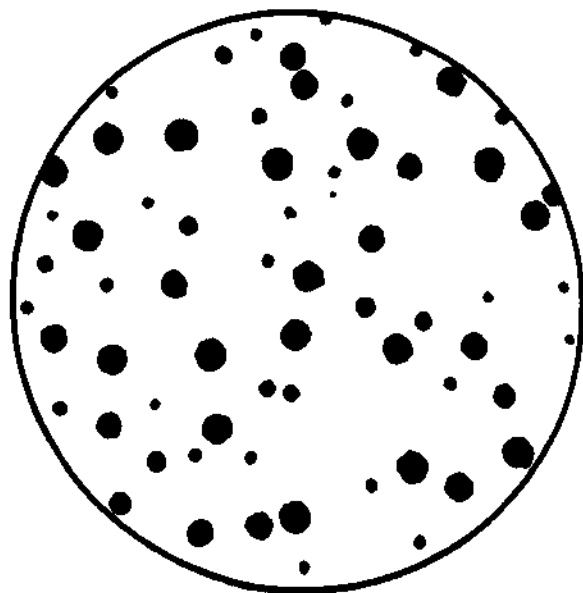
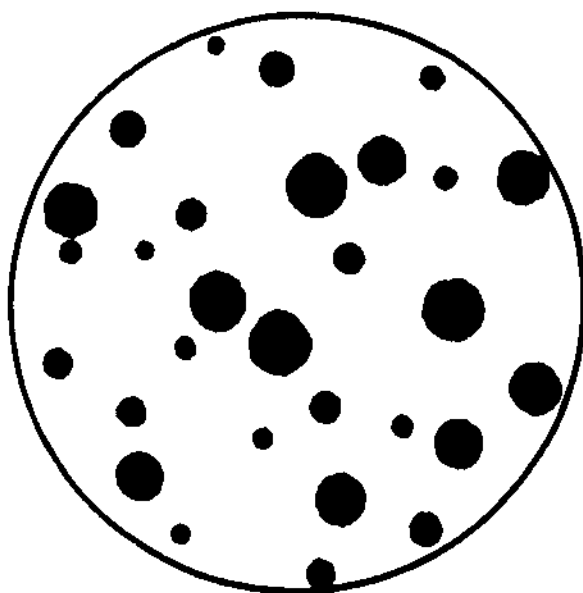


5



6

Tvar VI

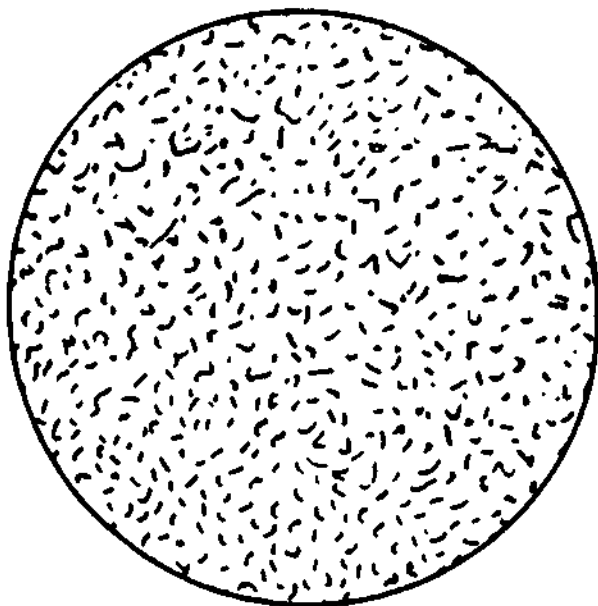


Obrázek 5 – Etalonová řada ¹⁾ velikost grafitu (tvar I a VI – rozložení A) – (stonásobné zvětšení) –
Třídy velikosti 5 a 6

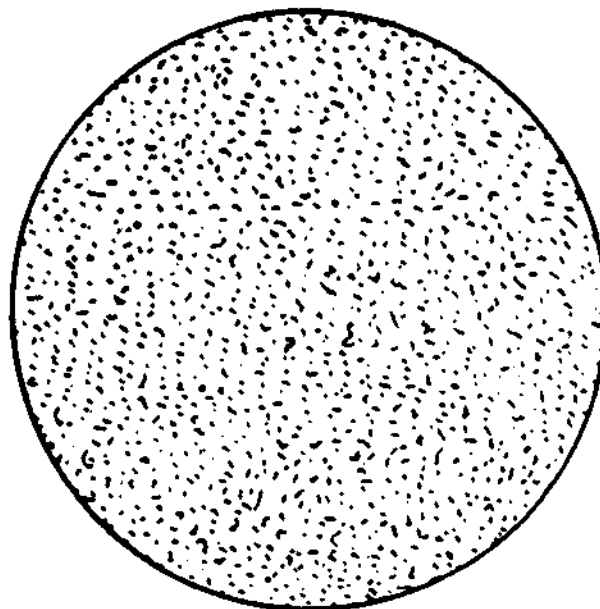
¹⁾ Obrázky ukazují pouze obrysy, ne však strukturu grafitu.

VELIKOST

Tvar I

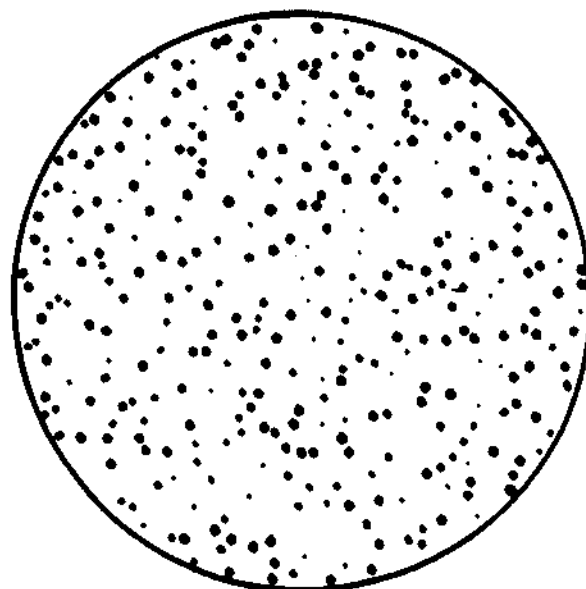
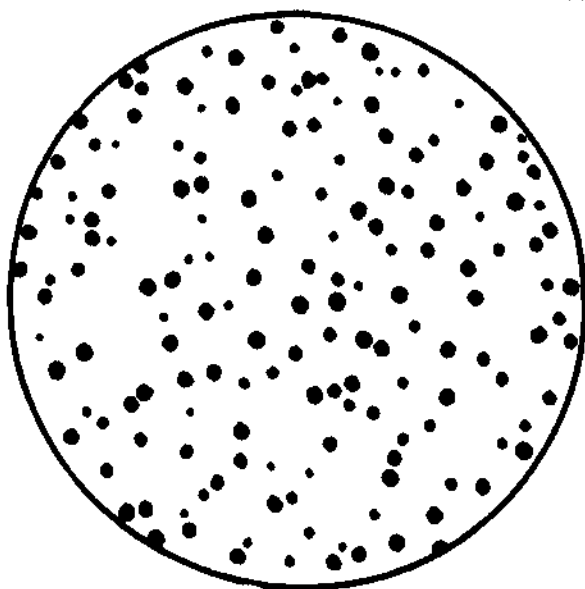


7



8

Tvar VI



Obrázek 6 – Etalonová řada ¹⁾ velikost grafitu (tvar I a VI – rozložení A) – (stonásobné zvětšení) –
Třídy velikosti 7 a 8

¹⁾ Obrázky ukazují pouze obrysy, ne však strukturu grafitu.

U p o z o r n ě n í : Změny a doplňky, jakož i zprávy o nově vydaných normách jsou uveřejňovány ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ČSN EN ISO 945 OPRAVA 1

Vydal: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, Praha

Výtisk: XEROX CR, s.r.o.

Rok vydání 2003, 8 stran

Distribuce: Český normalizační institut, Hornoměřolupská 40, 102 04 Praha 10

68699 Cenová skupina 408



PRECISION DISC CASTINGS LTD. - CHAIRMAN - 24.02.00

The Benefits of High Carbon Brake Disc Materials

Precision Disc Castings has pioneered the development of high carbon materials for brake disc application. The results bring substantial benefits to both producer and end user. As well as being cost effective, high carbon brake discs have superior casting and machining properties and help prevent brake judder as well as vehicle noise.

The generally held belief that satisfactory levels of brake disc performance, and component integrity, can only be achieved by employing high strength grey cast iron materials is rapidly changing.

High carbon disc materials have been used, very successfully in high performance racing environments since the late nineteen seventies. However, it is only in the last few years that the experiences gained from such applications have been transferred to the luxury high performance end of the automotive market.

A recent survey commissioned by Precision Disc Castings revealed that 30% of the cast iron brake discs found on European vehicles were manufactured in high carbon materials. Only 10% were found to be low carbon materials. Until recently very few, if any, high volume production discs were manufactured in high carbon cast iron. It is clear that high carbon low strength materials are becoming more acceptable for general automotive braking applications.

What is a high carbon material?

It is generally accepted that in order to be classified as a high carbon iron, the carbon content of the material has to fall within the range 3.6 - 3.9%. The use of such materials can provide manufacturers, both the foundry and the machinist, as well as the end user, the customer, with some distinct benefits.

Brake discs produced in high carbon cast irons have optimal thermal conductivity, this is achieved by optimising both carbon and silicon content. Casting performance is excellent, with good structural integrity and minimal variation in important features such as microstructure and hardness. As a result of their good thermal conductivity, high carbon discs have inherently good resistance to both distortion and thermal cracking, both significant performance related issues.

In spite of their high carbon content, the hardness levels of these materials are not much lower than those of the more traditionally used low - medium carbon irons. Consequently, if attention is paid to the selection of brake pad materials, wear performance is rarely an issue. The machinability of cast iron, especially at the rates necessary to machine brake discs economically, is dependent on both the carbon content and the amount of alloy additions. Increasing carbon content has no detrimental effect on either machinability or surface finish, and indeed the machining of such materials in high volumes is common practice. The need to resort to alloy additions to improve thermal performance is rarely required, except in extreme circumstances. However, even when alloys are specified, the machinability of high carbon irons is still excellent.

High carbon iron discs also help to tackle performance related issues such as brake judder and vehicle noise. Due to the improved heat dissipation of the high carbon iron, the brake disc will

suffer from less distortion thus reducing hot judder. In addition high carbon discs also reduce vehicle noise due to their increased damping capacity.

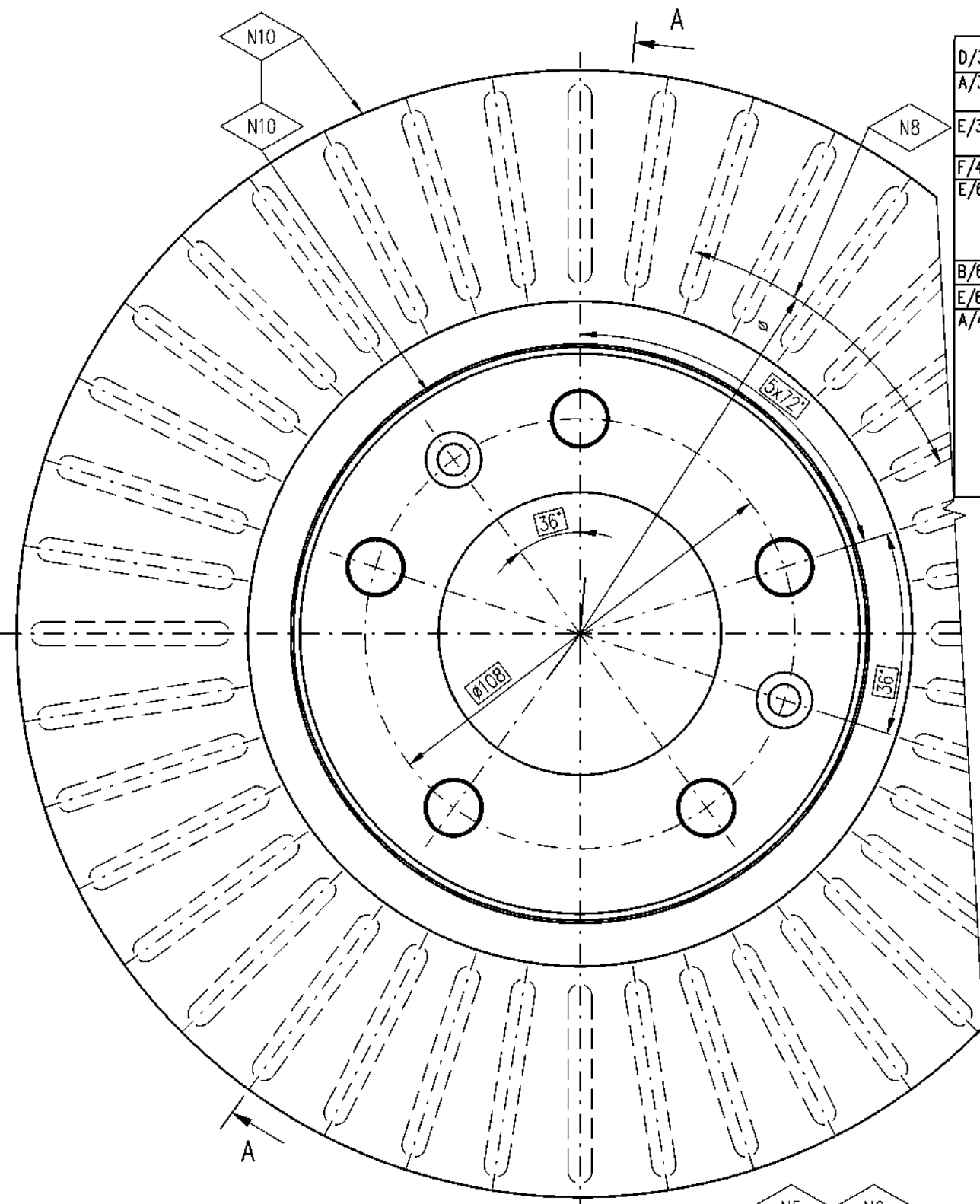
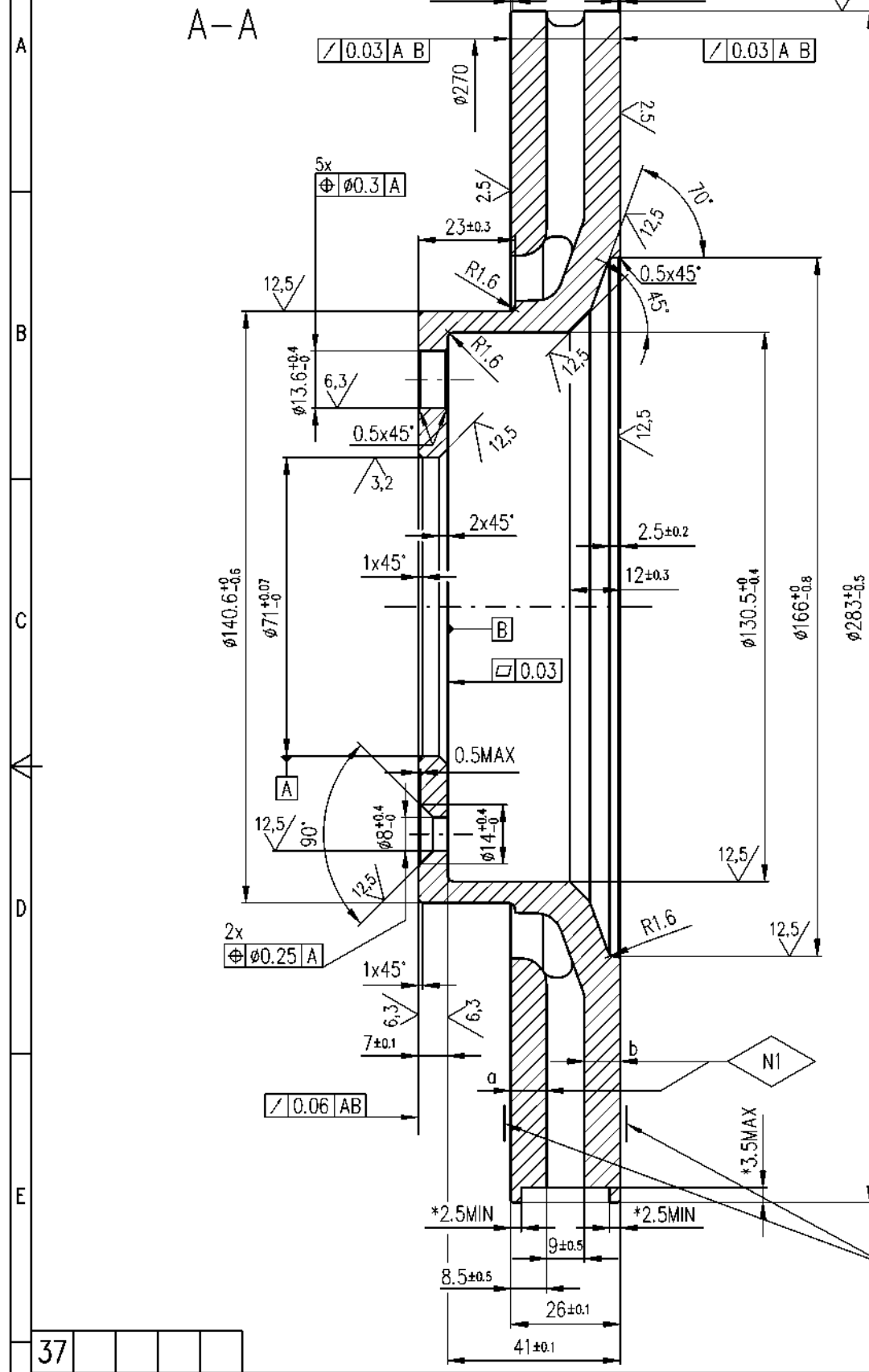
The use of high carbon, high performance irons has in the past been mainly limited to high performance vehicle applications. This is now changing. It can be very strongly argued that these materials present the automotive industry with a significant material development. If coupled with innovative brake disc designs, such a development will see the continued use of grey cast iron as the safest and most cost effective material for brake disc applications for many years to come.

Dr. John Krosnar

Dr. John Krosnar is the Chief Executive of European Automotive Components and the Chairman of Precision Disc Castings.

DF 1225

POČÍTAČOVÝ VÝKRES - NESMÍ BÝT MĚNĚN RUČNĚ



D/3	N1	a,b - THICKNESS DEVIATION 1 MAX.
A/3	N2	PERMISSIBLE THICKNESS DEVIATION MAX. 0,01 IN N8 DIRECTION ON ALL DIAMETERS
E/3	N3	HARDNESS ON FUNCTION SURFACES 170 TO 220 HB MAX. 10HB HARDNESS DIFFERENCE ON FRICTION AREA
F/4	N4	TO BE PRESERVED WITH GREASE BRANOTEC A III
E/6	N5	UNBALANCE MAX. 3Nmm. TO BE ATTAIN WITH REMOVAL OF MATERIAL SEE DIMENSIONS MARKED *
	N6	DEFECTS ON FINISHED AREAS ACCORDING TO PV 6603
	N7	WITHOUT CRACKS SEE VW 01133
B/6	N8	MEASURING DIRECTION
E/6	N9	✓(✓)
A/4	N10	TO STAMP LEGIBLE: LOGOS "TRW" "DF 1225" LETTERS DIN 1451-B4. "MIN. TH. 24mm" LETTERS DIN 1451-B4 DATE OF PRODUCTION TO TS 1-20-02, LETTERS DIN 1451-B4.
	N11	OPTIONALE
	N13	GENERAL TOLERANCES TO TS - 1 - 10 - 101 mK
	N1	a, b - DIFERENCE TLOUŠTKY 1 MAX.
	N2	PŘÍPUSTNÁ DIFERENCE TLOUŠTKY 0.01 MAX VE SMĚRU N8 NA VŠECH PRŮMĚRECH KRUŽNIC.
	N3	TVRDOST NA FUNKČNÍCH PLOCHÁCH 170 AŽ 220 HB ROZDÍL TVRDOSTI V TŘECÍ PLOŠE 10 HB MAX.
	N4	KONZERVOVAT OLEJEM BRANOTEC A III
	N5	STATICKÁ NEVYVÁŽENOST 3Nmm MAX. DOSÁHNOUT ŮBĚREM MATERIÁLU VIZ ROZMĚRY OZNAČENÉ *
	N6	VADY NA OPRACOVANÝCH PLOCHÁCH DLE PV 6603.
	N7	BEZ TRHLIN DLE VW 01133.
	N8	SMĚR MĚŘENÍ.
	N9	✓(✓)
	N10	ČITELNĚ VYRAZIT: LOGO "TRW" "DF 1225" PÍSMO DIN 1451-B4. "MIN. TH. 24mm" PÍSMO DIN 1451-B4 DATUM VÝROBY DLE TS 1-20-02, PÍSMO DIN 1451-B4.
	N11	ALTERNATIVA
	N13	VŠEOBECNÉ TOLERANCE DLE TS - 1 - 10 - 101 mK

4	10-MD_Fr	I.D.	22.03.2006				
3	07-MD_Fr	I.D.	08.03.2006				
2	S-0746/03	J.H.	06.05.2003				
1	R /J128	J.H.	04.01.2002				
Číslo vydání	Číslo hlášení změny	Jméno	Datum	Číslo vydání	Číslo hlášení změny	Jméno	Datum
D - kóje				Hmotnost (kg)	Vozidlo/Model		
CITROEN							

THIS DRAWING/DOCUMENT IS COPYRIGHT AND THE PROPERTY OF LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. JABLONEC n.N. IT MUST NOT BE COPIED (IN WHOLE OR IN PART) USED FOR MANUFACTURE OR OTHERWISE DISCLOSED WITHOUT PRIOR WRITTEN CONSENT OF THE COMPANY. ANY COPIES OF THIS DRAWING/DOCUMENT MADE BY ANY METHOD MUST ALSO INCLUDE A COPY OF THIS LEGEND

© LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. 1998

KONSTRUKČNÍ ODPOVĚDNOST : LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. Jablonec n.N. ; 37

POKUD NEJÍ UVEDENO JINAK PLATI :

- PROMĚTÁNÍ V 1. KVADRANTU PODLE ČSN 01 3121 (DIN 6 METHODE 1)
- JEDNOTKY SI PODLE ČSN 01 1300 (ISO 31/TS 1-20-92)
- ZÁKLADNÍ PRAVIDLO TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015; TOLERANCE TVARU A POLOHY PODLE ČSN 01 3137 (TS 1-10-05); VŠEOBECNÉ TOLERANCE PODLE ISO 2768-mK (TS 1-10-101)
- OZNAČOVÁNÍ DRSNOSTI POVrchU PODLE ČSN 01 3144 (TS 1-10-06)
- VŠECHNY ROZMĚRY JSOU PO PVRCHOVÉ ÚPRAVĚ
- OZNAČOVÁNÍ SVARŮ PODLE ČSN 01 3155 (DIN 1912)
- ⊕ - ROZMĚRY MĚŘIDLA
- METrický ISO ZÁVIT PODLE ČSN 01 4007 (DIN 13)
- KONTROLA TOXICKÝCH A NEBEZPEČNÝCH LÁTEK PODLE TS 3-88-01
- HRANY OBROBKŮ PODLE DIN 6784

Specifikace	TS 1-20-40	TS 1-20-02			
Materiál	GG15HC				
Typové zpracování					
Povrchová úprava	N4				
Způsob výroby	MACHINING/OBROBEK				
Kreslil	HUBNEROVÁ J.	Datum	7. 1.1999		
Kontrolovat	HAVLIČEK J.	Mřítko	1:1		
Normalizace	BUREŠ J.				
Schválil	SKALICKÝ M.				

LUCAS AUTOBRZDY s.r.o.
Na roli 26
466 21 Jablonec n.N.

BRAKE DISC
KOTOUČ BRZDY

Typ DISC BRAKE/KOTOUČOVÁ BRZDA

Číslo DF 1225

Lišt:1 Lišt:1 A2

DF 2591

A-A

∠0.03|A B

∥0.03|B

∠0.03|A B

4x ∅0.3|A

12.5

∅12.8^{+0.04}

6.3

0.5x45°

12.5

3.2

4±0.3x45°

5

1x45°

∠0.03

12.5

12.5

1x45°

6.3

7.7±0.1

∠0.06|A B

*2.5MIN

*2.5MIN

6±0.5

8±0.5

22±0.1

41.5±0.1

∠0.03

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

∠0.03|A B

- POKUD NENÍ UVEDENO JINAK PLATÍ :
- PROMĚTÁNÍ V 1. KVADRANTU PODLE ČSN 01 3121 (DIN 6 METHODE 1)
 - JEDNOTKY SI PODLE ČSN 01 1300 (ISO 31/TS 1-20-92)
 - ZÁKLADNÍ PRAVIDLO TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015; TOLERANCE TVARU A POLOHY PODLE ČSN 01 3137 (TS 1-10-05); VŠEOBECNÉ TOLERANCE PODLE ISO 2768-mK (TS 1-10-101)
 - OZNAČOVÁNÍ DRŽNOSTI PLOCHY PODLE ČSN 01 3144 (TS 1-10-06)
 - VŠECHNY ROZMĚRY JSOU PO PLOCHOVÉ ÚPRAVĚ
 - OZNAČOVÁNÍ SVARŮ PODLE ČSN 01 3155 (DIN 1912)
 - ⊕ - ROZMĚRY MĚŘIDLA
 - METRICKÝ ISO ZAVĚT PODLE ČSN 01 4007 (DIN 13)
 - KONTROLA TOXICKÝCH A NEBEZPEČNÝCH LÁTEK PODLE TS 3-88-01
 - HRANY OBROBKŮ PODLE DIN 6784

Specifikace	TS 1-20-40	TS 1-20-02		
Materiál	GG 15 HC		Kresl	HUBNEROVÁ J.
Termín zpracování			Kontrola	HAVLÍČEK J.
Povrchová úprava	N4		Normalizace	BUREŠ J.
Způsob výroby	MACHINING/OBROBEK		Škálka	SKALICKÝ M.
			Datum	10.12.1998
			Měřítko	1:1 5:1

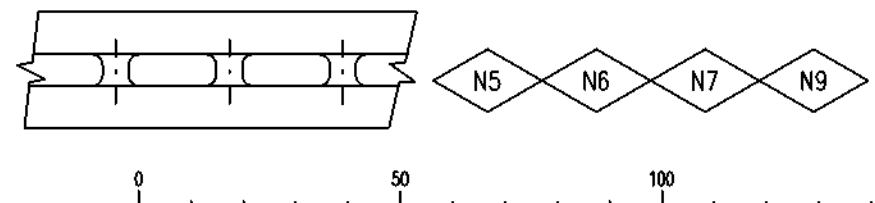
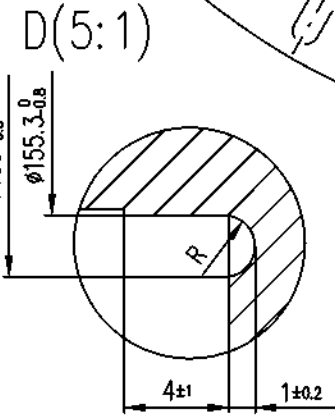
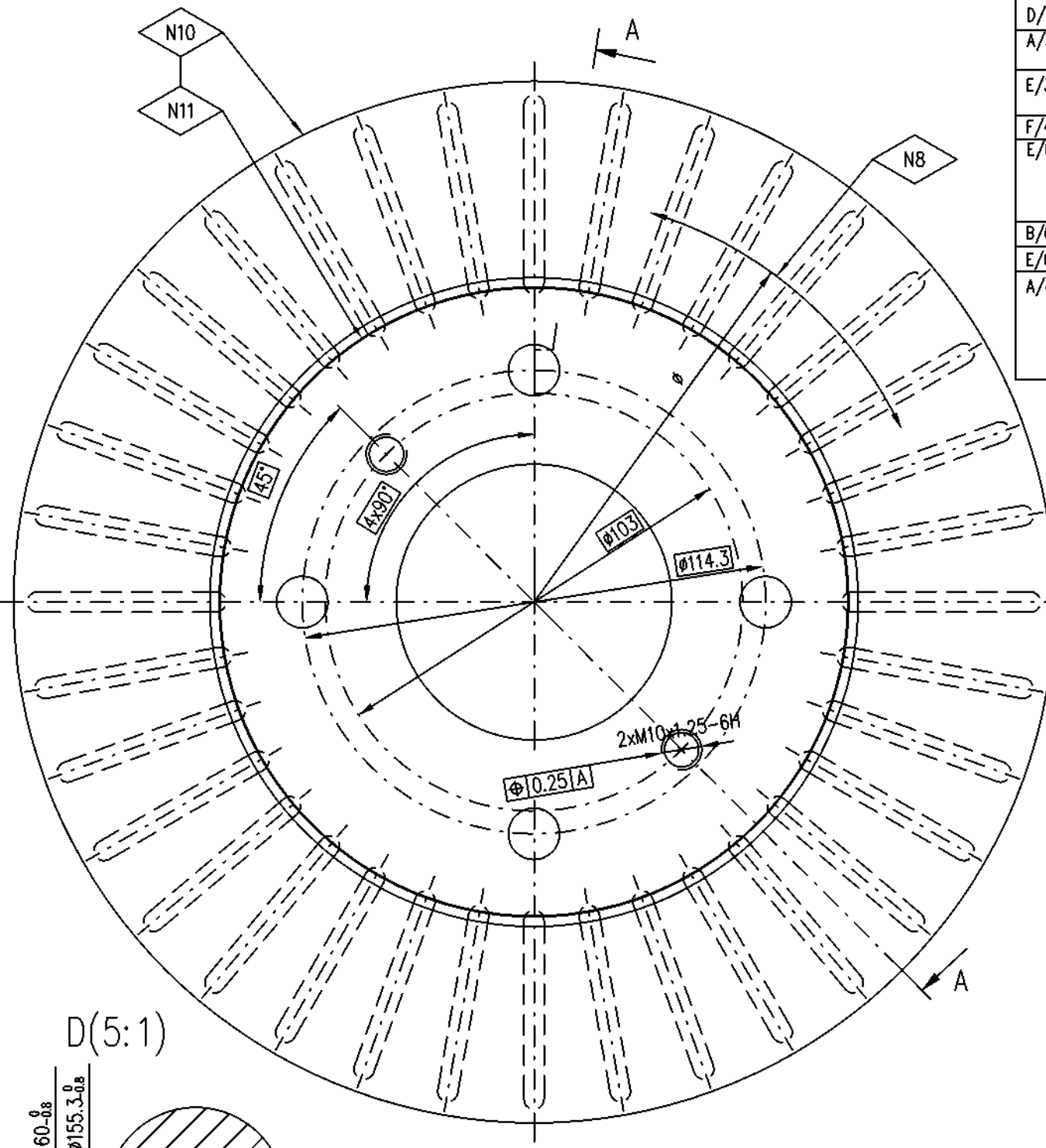
LUCAS AUTOBRZDY s.r.o.
Na roli 26
466 21 Jablonec n.N.

BRAKE DISC
KOTOUČ BRZDY
INFINITY G 20
Typ
DISC BRAKE/KOTOUČOVÁ BRZDA
Číslo
DF 2591

POČÍTAČOVÝ VÝKRES - NESMÍ BÝT MĚNĚN RUČNĚ

D/3	N1	a,b - THICKNESS DEVIATION 1 MAX.
A/3	N2	PERMISSIBLE THICKNESS DEVIATION MAX. 0,01 IN N8 DIRECTION ON ALL DIAMETERS
E/3	N3	HARDNESS ON FUNCTION SURFACES 170 TO 220 HB MAX. 10HB HARDNESS DIFFERENCE ON FRICTION AREA
F/4	N4	TO BE PRESERVED WITH GREASE BRANOTEC A III
E/6	N5	UNBALANCE MAX. 3Nmm. TO BE ATTAIN WITH REMOVAL OF MATERIAL SEE DIMENSIONS MARKED *
	N6	DEFECTS ON FINISHED AREAS ACCORDING TO PV 6603
	N7	WITHOUT CRACKS SEE VW 01133
B/6	N8	MEASURING DIRECTION
E/6	N9	✓(✓)
A/4	N10	TO STAMP LEGIBLE: LOGOS "TRW" "DF2591 MIN.TH. 20.0 MM GCF" LETTERS DIN 1451-B4. DATE OF PRODUCTION TO TS 1-20-02, LETTERS DIN 1451-B4.

- N11
- OPTIONALE
- N1 a, b - DIFFERENCE TLOUŠTKY 1 MAX.
- N2 PŘÍPUSTNÁ DIFFERENCE TLOUŠTKY 0.01 MAX VE SMĚRU N8 NA VŠECH PRŮMĚRECH KRUŽNIC.
- N3 TVRDOT NA FUNKČNÍCH PLOCHÁCH 170 AŽ 220 HB ROZDÍL TVRDOTI V TŘECÍ PLOŠE 10 HB MAX.
- N4 KONZERVOVAT OLEJEM BRANOTEC A III
- N5 STATICKÁ NEVYVÁŽENOST 3Nmm MAX. DOSÁHNOUT ŮBĚREM MATERIÁLU VIZ ROZMĚRY OZNAČENÉ *
- N6 VADY NA OPRACOVANÝCH PLOCHÁCH DLE PV 6603.
- N7 BEZ TRHLIN DLE VW 01133.
- N8 SMĚR MĚŘENÍ.
- N9 ✓(✓)
- N10 ČITELNĚ VYRAZIT:
LOGO "TRW"
"DF2591 MIN.TH. 20.0 MM GCF" PÍSMO DIN 1451-B4.
DATUM VÝROBY DLE TS 1-20-02,
PÍSMO DIN 1451-B4.
- N11 ALTERNATIVA



THIS DRAWING/DOCUMENT IS COPYRIGHT AND THE PROPERTY OF LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. JABLONEC n.N. IT MUST NOT BE COPIED (IN WHOLE OR IN PART) USED FOR MANUFACTURE OR OTHERWISE DISCLOSED WITHOUT PRIOR WRITTEN CONSENT OF THE COMPANY. ANY COPIES OF THIS DRAWING/DOCUMENT MADE BY ANY METHOD MUST ALSO INCLUDE A COPY OF THIS LEGEND

© LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. 1997

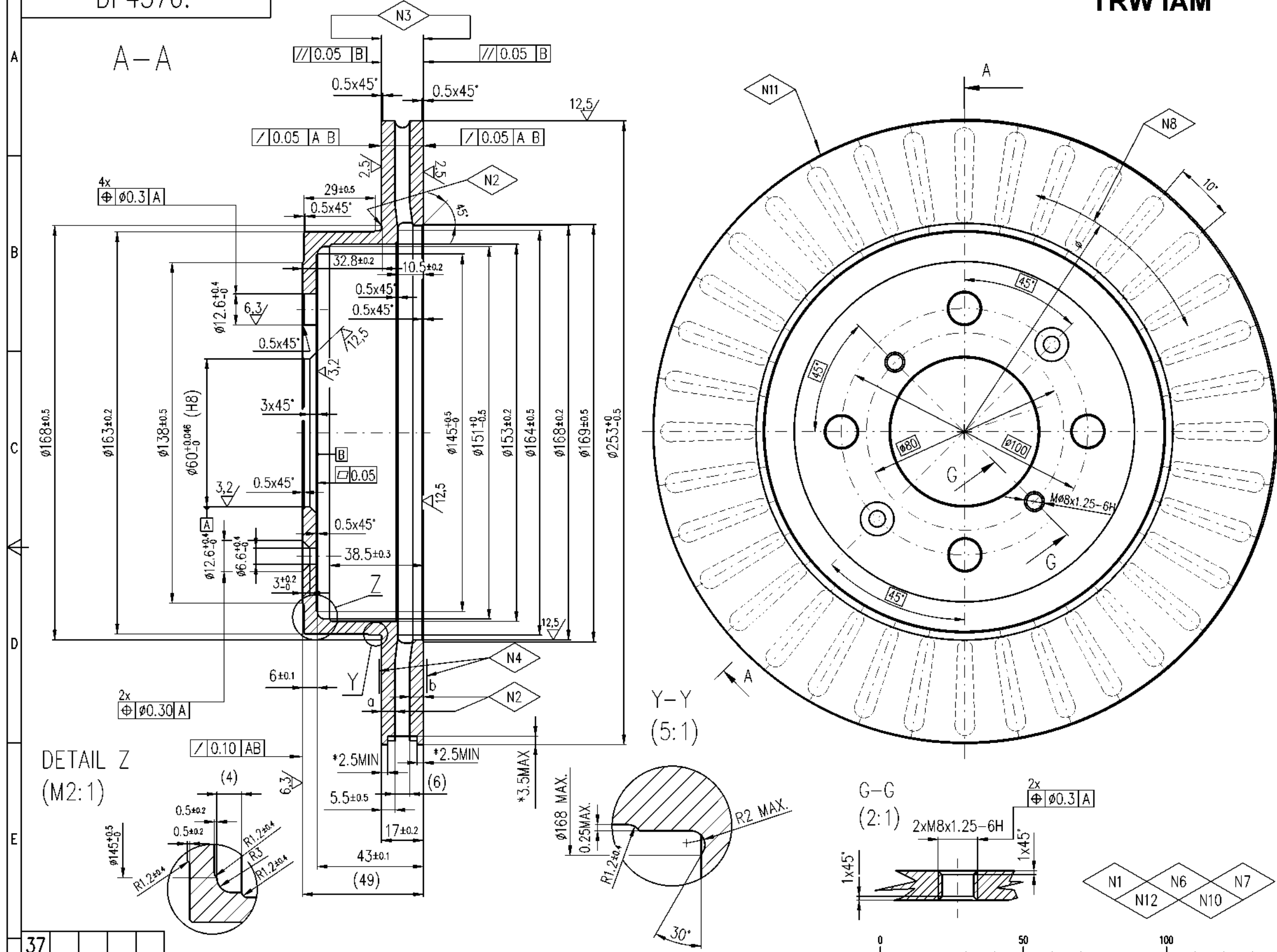
KONSTRUKČNÍ ODPOVĚDNOST : LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. Jablonec n.N. ; 37

1 2 3 4 5 6 7 8

DF4376.

TRW IAM

POČÍTAČOVÝ VÝKRES - NESMÍ BÝT MĚNĚN RUČNĚ



E/6	N1	BY APPROVED PROCESSING AT APPROVED SUPPLIER. ONLY DESIGN ENGINEERING APPROVAL OF PRODUCTION SAMPLES MUST BE GIVEN BEFORE BULK DELIVERIES COMMENCE AND MUST ALSO BE GIVEN BEFORE ALTERATION TO MATERIAL OR PROCESSING.
B/3	N2	THICKNESS DEVIATION 1 MAX.
A/1	N3	PERMISSIBLE THICKNESS DEVIATION MAX 0.01 IN N9 DIRECTION ON ALL DIAMETERS.
E/6	N4	HARDNESS ON FUNCTION SURFACES 170 TO 220 HB. MAX. 10HB HARDNESS DIFFERENCE ON FRICTION AREA.
F/4	N5	TO BE PRESERVED WITH BRANORAL A III
E/6	N6	UNBALANCE MAX. 3Nmm. TO BE ATTAIN WITH REMOVAL OF MATERIAL SEE DIMENSIONS MARKED *
	N7	DEFECTS ON FINISHED AREAS ACCORDING TO PV 6603.
	N8	WITHOUT CRACKS SEE VW 01133.
B/6	N9	MEASURING DIRECTION.
E/6	N10	✓(✓)
A/5	N11	TO STAMP LEGIBLE: LOGOS "TRW" DF4376 MIN.TH.15.0 MM GCF" PISMO DIN 1451-B4 DATE OF PRODUCTION TO TS 1-20-02, LETTERS DIN 1451-B4.
B/2	N12	GENERAL TOLERANCES TO TS - 1 - 10 - 101mK

- N1 VÝROBNÍ POSTUP A DODAVATEL MUSÍ BÝT SCHVÁLEN. KONSTRUKČNÍ ODDĚLENÍ MUSÍ SCHVÁLIT VZORKY VÝROBKU PŘED ZAHÁJENÍM SÉRIOVÉ VÝROBY A PŘI ZMĚNÁCH MATERIÁLU NEBO VÝROBNÍHO POSTUPU.
- N2 DIFERENCE TLOUŠTKY 1 MAX.
- N3 PŘÍPUSTNÁ HÁZIVOST POVRCHU
- N4 TVRĐOST NA FUNKČNÍCH PLOCHÁCH 170 AŽ 220 HB. ROZDÍL TVRĐOSTI V TŘECÍ PLOŠE 10HB MAX.
- N5 ANTOKOROZÍ OCHRANA OLEJEM BRANORAL A III
- N6 STATICKÁ NEVYVÁŽENOST MAX. 3Nmm. DOSÁHNOUT ŮBĚREM MATERIÁLU VIZ ROZMĚRY OZNAČENÉ *.
- N7 VADY NA OPRACOVANÝCH PLOCHÁCH PV 6603.
- N8 BEZ TRHLIN DLE VW 01133.
- N9 SMĚR MĚŘENÍ.
- N10 ✓(✓)
- N11 ČÍTELNĚ VYRAZIT:
LOGO TRW
DF4376 MIN.TH.15.0 MM GCF" PISMO DIN 1451-B4
DATUM VÝROBY DLE TS 1-20-02, PÍSMO DIN 1451-B4.
- N12 VŠEOBECNÉ TOLERANCE DLE TS - 1 - 10 - 101mK

1	Číslo vydání	Číslo hlášení změny	Jméno	Datum	Číslo vydání	Číslo hlášení změny	Jméno	Datum
	0 - úloje							
				Hmotnost (kg)		Vozidlo/Model		
				8,09		OPEL Agila		

THIS DRAWING/DOCUMENT IS COPYRIGHT AND THE PROPERTY OF LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. JABLONEC n.N. IT MUST NOT BE COPIED (IN WHOLE OR IN PART) USED FOR MANUFACTURE OR OTHERWISE DISCLOSED WITHOUT PRIOR WRITTEN CONSENT OF THE COMPANY. ANY COPIES OF THIS DRAWING/DOCUMENT MADE BY ANY METHOD MUST ALSO INCLUDE A COPY OF THIS LEGEND

© LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. 1998

KONSTRUKČNÍ ODPOVĚDNOST : LUCAS AUTOBRZDY s.r.o. Jablonec n.N. ; 37

- POKUD NEJÍ UVEDENO JINAK PLATI :
- PROMĚNĚNÍ V 1. KVADRANTU PODLE ČSN 01 3121 (DIN 6 METHODE 1)
 - JEDNOTKY SI PODLE ČSN 01 1300 (ISO 31/TS 1-20-92)
 - ZÁKLADNÍ PRAVIDLO TOLEROVÁNÍ PODLE ISO 8015; TOLERANCE TVARU A POLOHY PODLE ČSN 01 3137 (TS 1-10-05); VŠEOBECNÉ TOLERANCE PODLE ISO 2768-mK (TS 1-10-06)
 - OZNACOVÁNÍ DRŽNOSTI POVRCHU PODLE ČSN 01 3144 (TS 1-10-06)
 - VŠECHNY ROZMĚRY JSOU PO POVRCHOVÉ ÚPRAVĚ
 - OZNACOVÁNÍ SVARŮ PODLE ČSN 01 3155 (DIN 1912)
 - ⊙ - ROZMĚRY MĚŘIDLA
 - MĚTRICKÝ ISO ZÁVIT PODLE ČSN 01 4007 (DIN 13)
 - KONTROLA TOXICKÝCH A NEBEZPEČNÝCH LÁTEK PODLE TS 3-88-01
 - HRANY OBROBKŮ PODLE DIN 6784

Specifikace	TS 1-20-40	TS 1-20-02
Materiál	FC 250 A/GG15HC	
Teplotní zpracování		
Povrchová úprava	N5	
Způsob výroby	MACHINING/OBROBEK	
Kresb	DOLEŽAL IVO	Dobu
Kontroloval	DOLEŽAL I.	MĚŘENO
Normalizace	BUREŠ J.	1:1 (2:1); (5:1)
Schválil		

LUCAS AUTOBRZDY s.r.o.
Na roli 26
466 21 Jablonec n.N.

Shodnost s prototypem


Starý výřez

Mozek
BRAKE DISC
KOTOUČ BRZDY

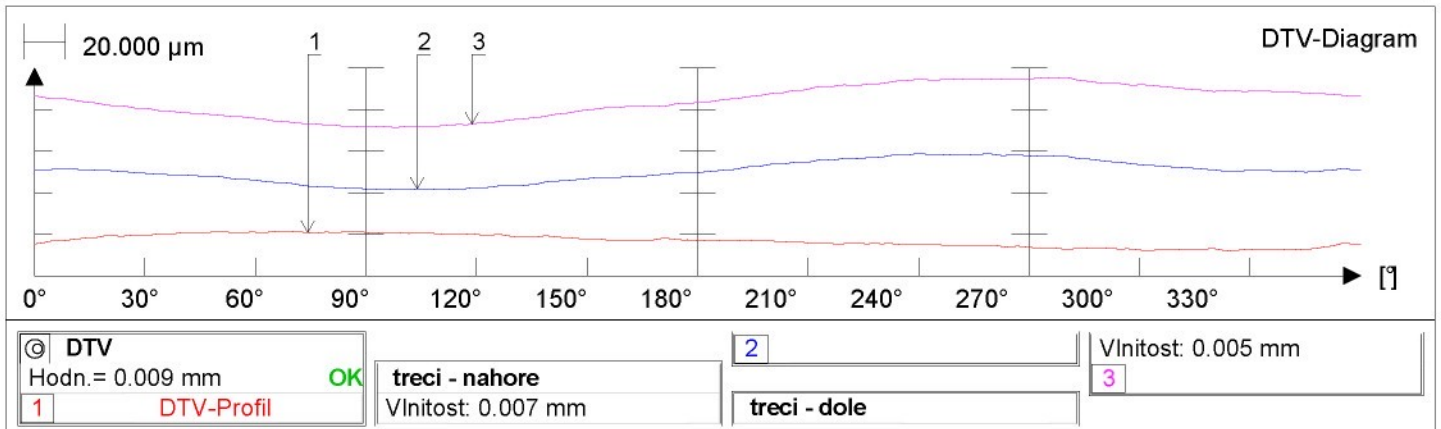
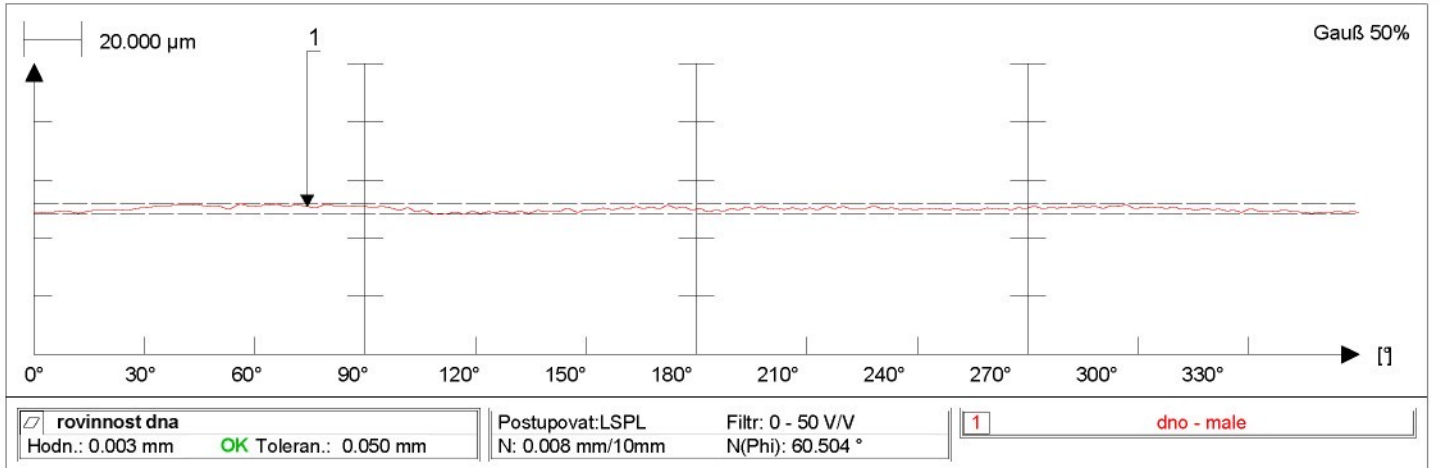
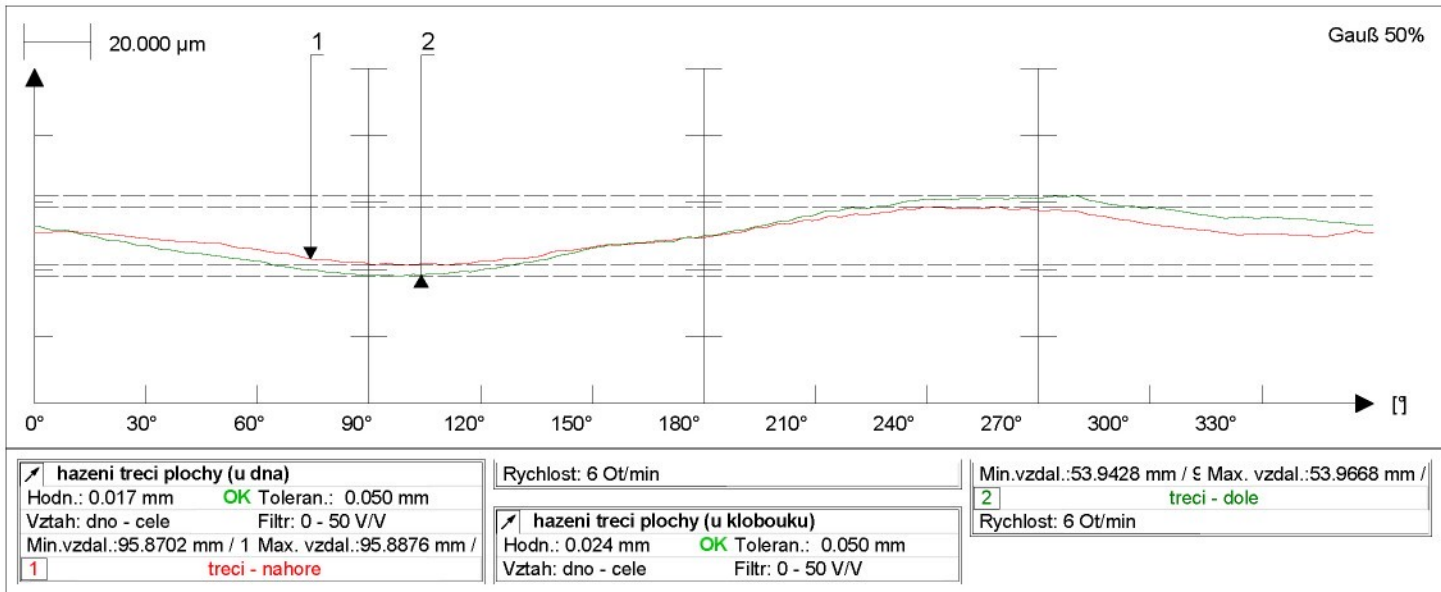
Typ
DISC BRAKE/KOTOUČOVÁ BRZDA


Číslo
DF4376

Verze
1
1
A2

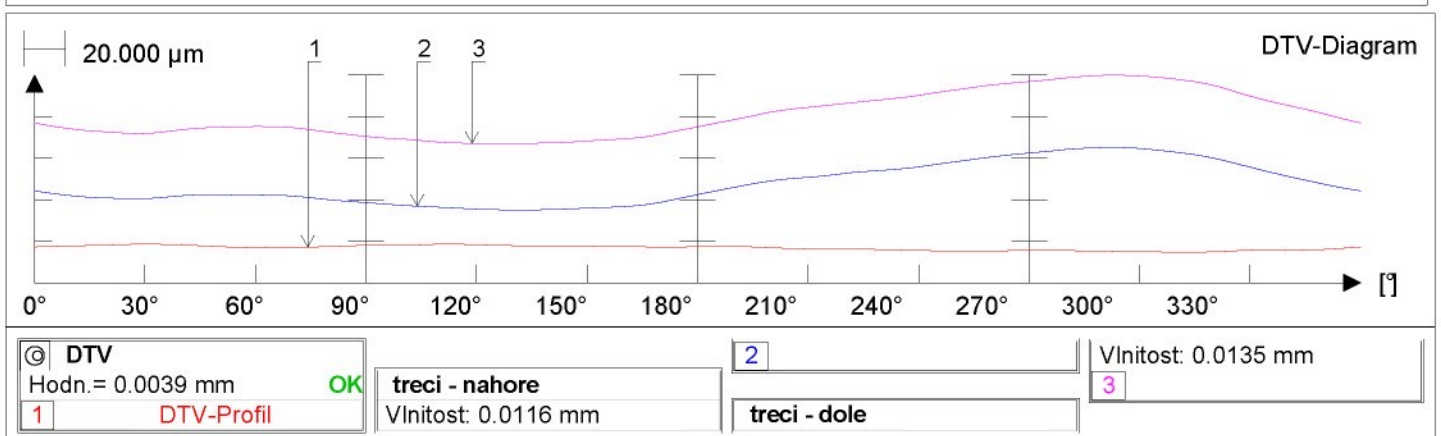
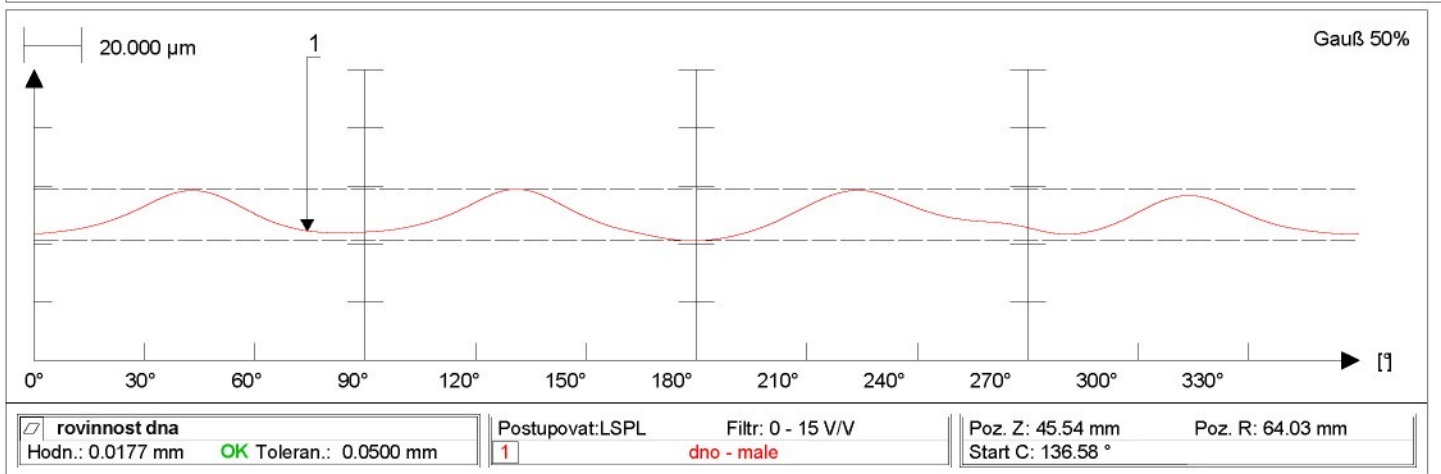
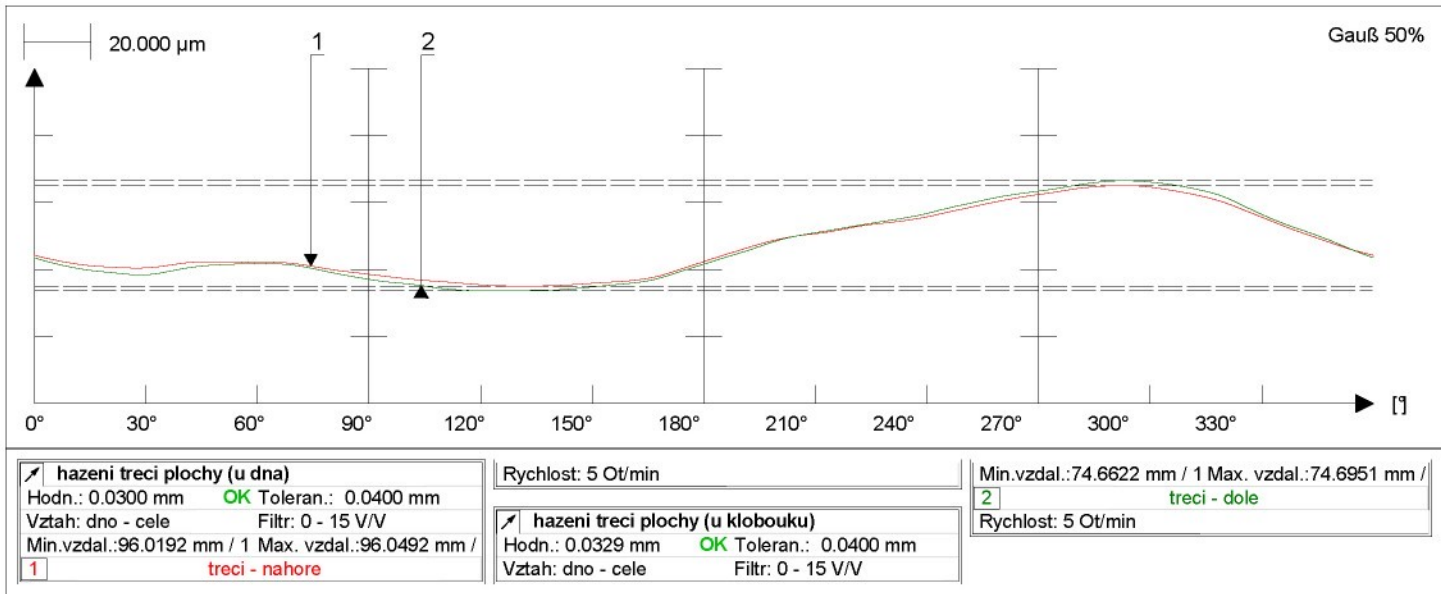
Číslo výkresu DF4376 (IAM)	Datum 01.12.2008	Cas 13:47:21	 Lucas Varity s.r.o Frydlant
Zákazník Ford	Měřicí zařízení FORM 4004-350 with MDS		
Zakázka č.	Měřil		
Poznámka FORM 4004-350 with MDS			SW-Version V7.15

Znak	Jednotky	Horní tolerance	Akt.mer	Prekroceno.	Stav
▧ rovinnost dna	mm	0.050	0.003		
◎ DTV	mm	0.010	0.009		
↗ hazeni treci plochy (u dna)	mm	0.050	0.017		
↗ hazeni treci plochy (u klobouku)	mm	0.050	0.024		

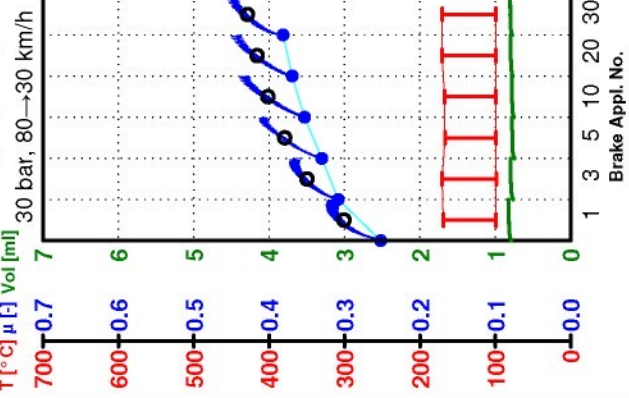


Číslo výkresu DF4376 (GM)	Datum 01.12.2008	Cas 13:40:32	 Lucas Varity s.r.o Frydlant
Zákazník IAM	Měřicí zařízení FORM 4004-350 with MDS		
Zakázka č.	Měřil		
Poznámka FORM 4004-350 with MDS			SW-Version V7.15

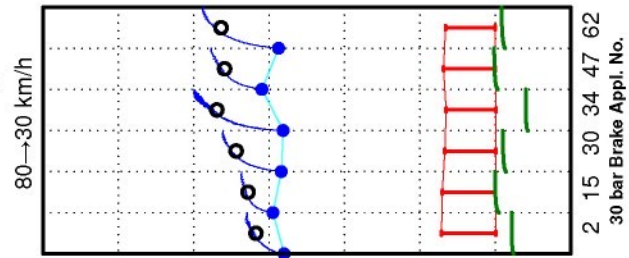
Znak	Jednotky	Horni tolerance	Akt.mer	Prekroceno.	Stav
▧ rovinnost dna	mm	0.0500	0.0177		
◎ DTV	mm	0.0070	0.0039		
↗ hazeni treci plochy (u dna)	mm	0.0400	0.0300		
↗ hazeni treci plochy (u klobouku)	mm	0.0400	0.0329		



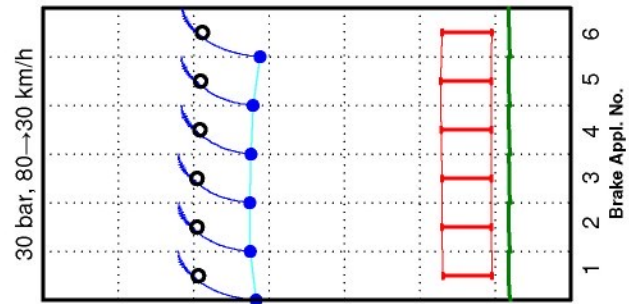
1. Characteristics - μ Green



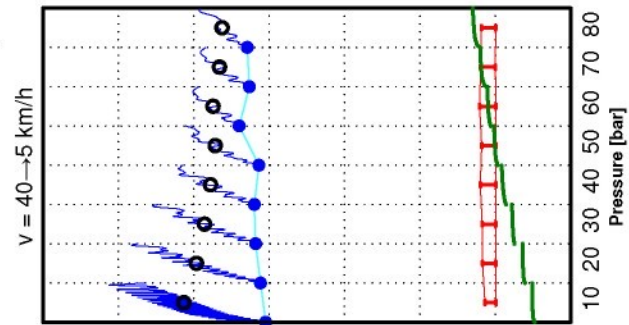
2. Bedding



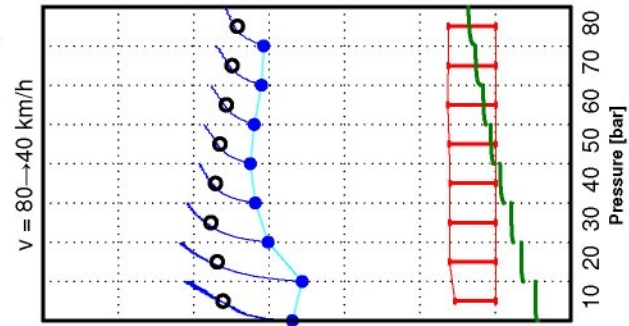
3. Characteristics



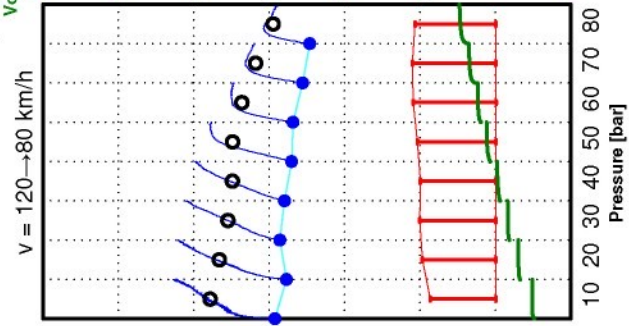
4.1 Pressure sensitivity



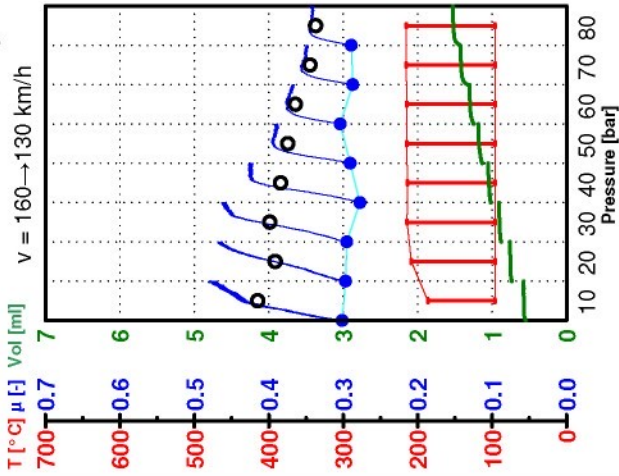
4.2 Pressure sensitivity



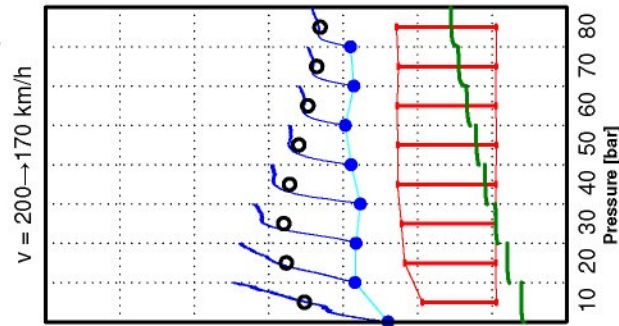
4.3 Pressure sensitivity



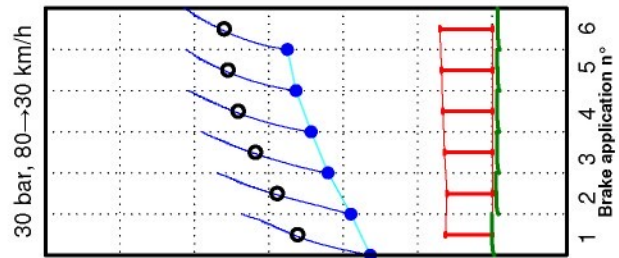
4.4 Pressure sensitivity



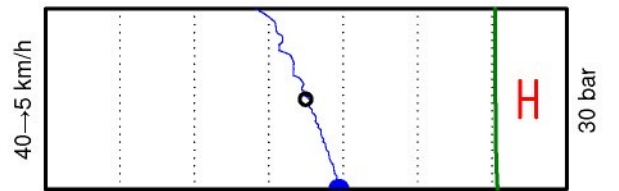
4.5 Pressure sensitivity



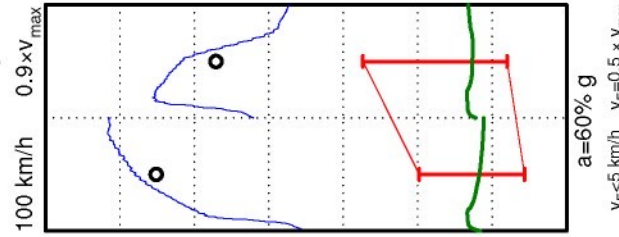
5. Characteristics



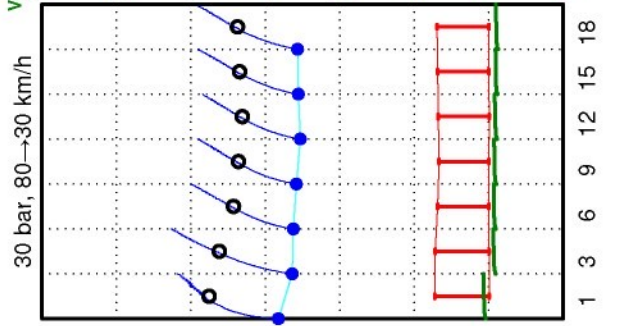
6. Char. Cold



7. Motorway



8. Characteristics



Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 x 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Caliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PR09004
Test - n°	T_3929

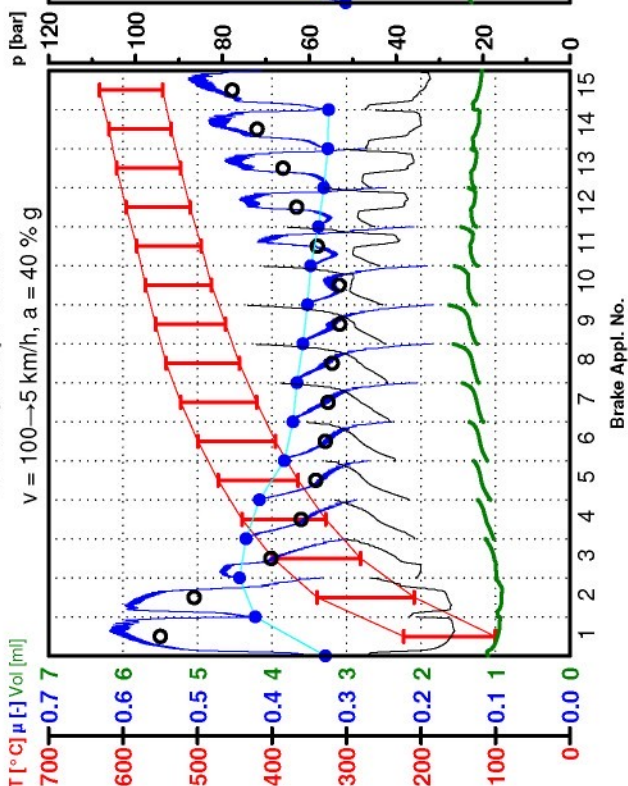
Remark
Aftermarket disc - DF4376

AK-Master GME L-5A/B-12

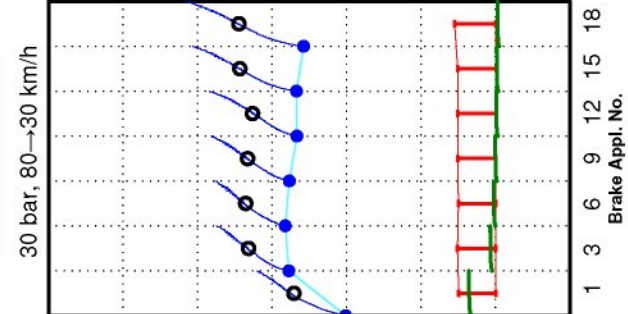


Data File: T3929_HD
Engineer: Mirka Franclikova
Date: 11/12/2008

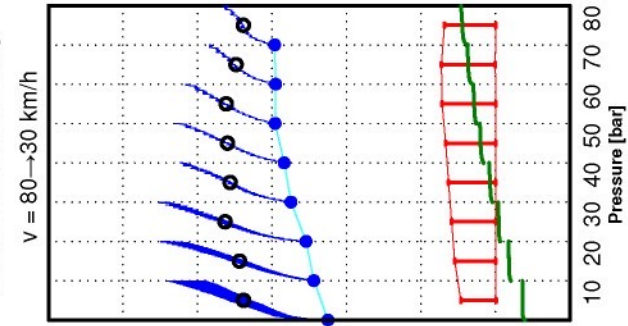
9. Fade, Temp. → 550 °C



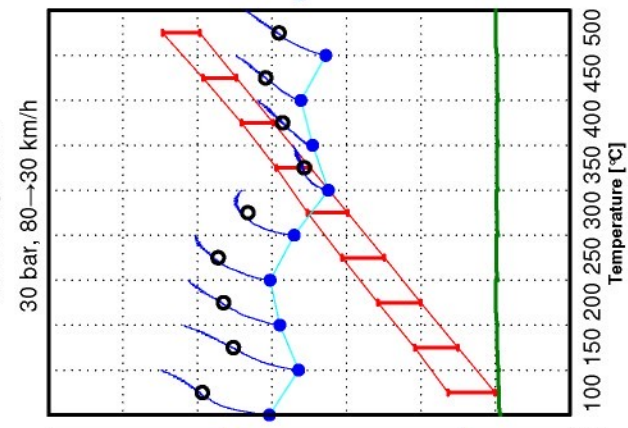
10. Characteristics



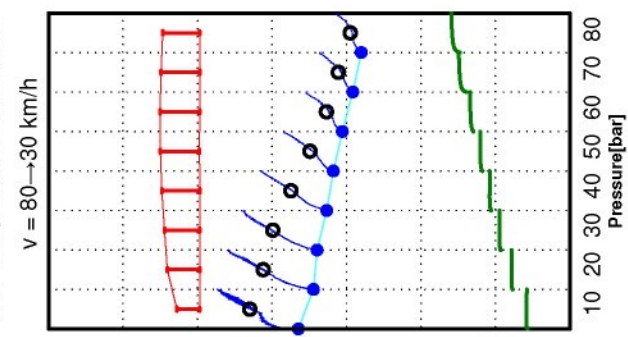
11. Pressure sensitivity



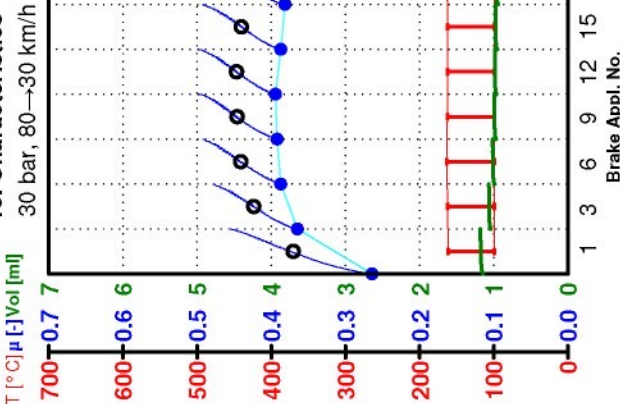
12.1 Temp. incr.



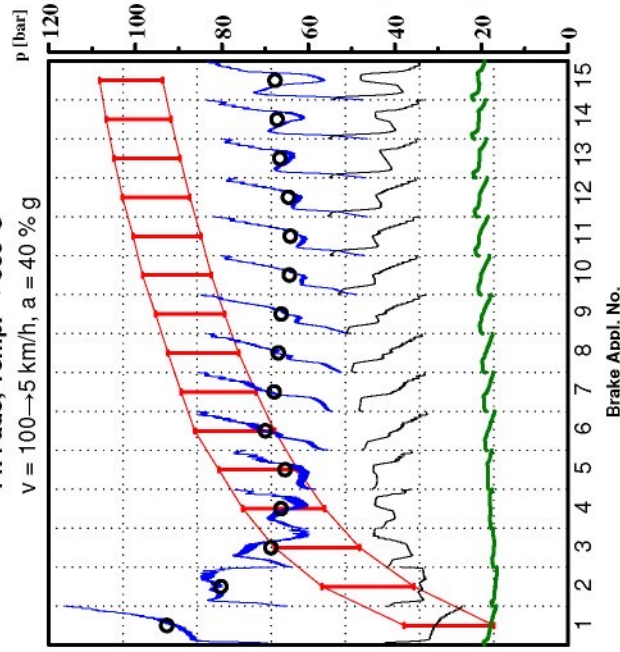
12.2 Temperature line 500 °C



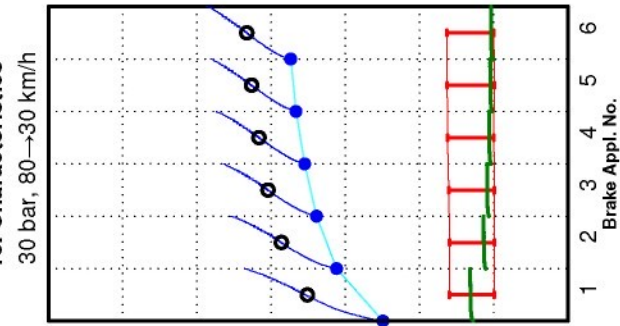
13. Characteristics



14. Fade, Temp. → 550 °C



15. Characteristics



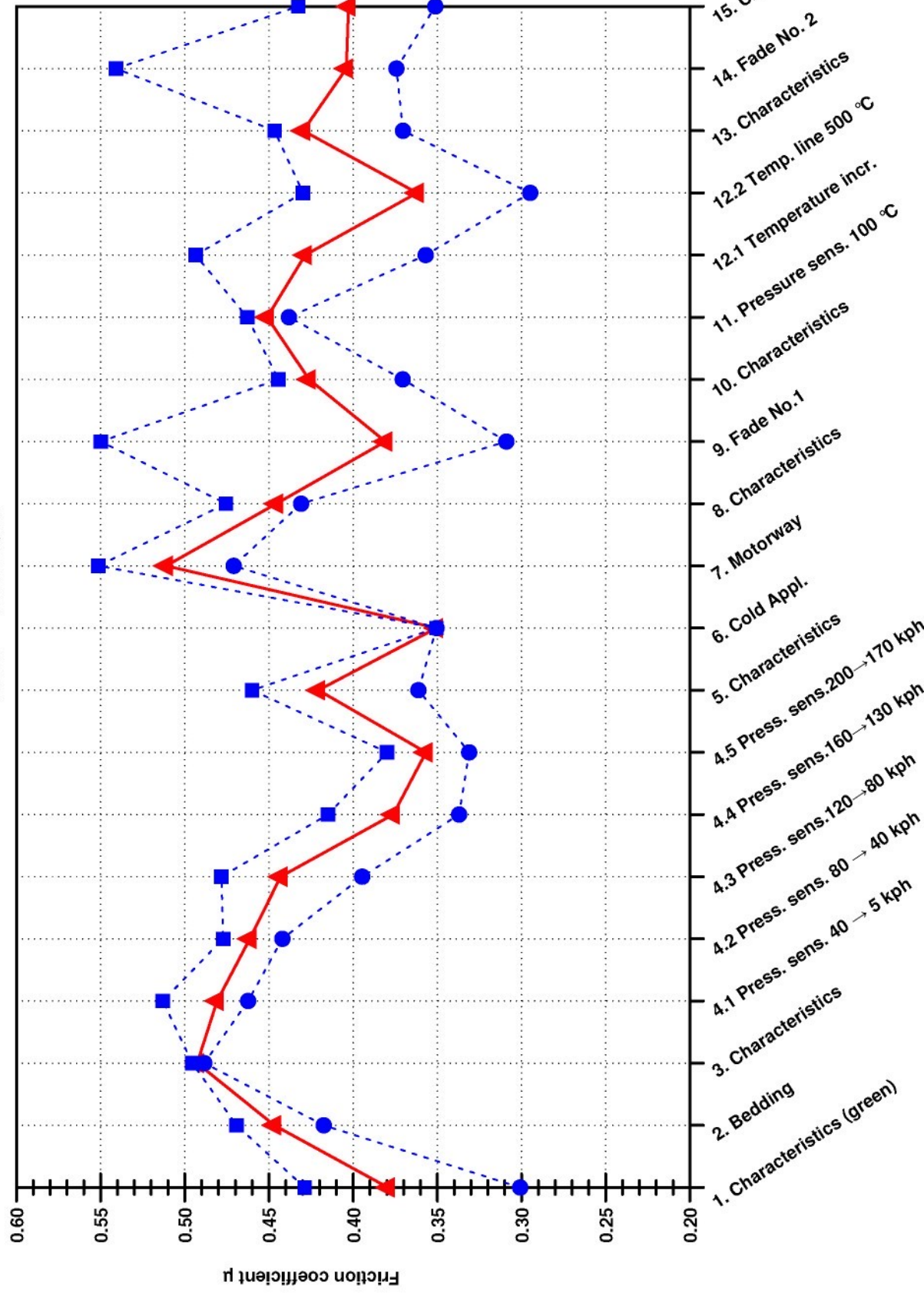
Legend	
—	μ - Level [-]
○	μ - Average [-]
●	μ - Mean [-]
I	T _{max} - T _{min} [°C]
—	Pressure [bar]
—	Volume [ml]

Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 × 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Caliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PR09004
Test - n°	T_3929

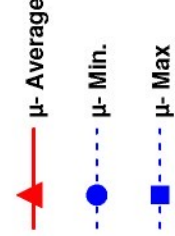
Remark / AK-Master GME L-5A/B-12
Aftermarket disc - DF4376

AK - Master



μ Characterization

μ Characterization	avg	min
Characteristics (3)	0.49	-
Speed series (4.3)	0.44	-
Speed series (4.5)	0.36	-
Characteristics (5)	0.42	-
40 °C stop (6)	0.35	-
Motorway (7)	0.51	-
Characteristics (8)	0.45	-
Fade1 (9)	-	0.31
Characteristics (10)	0.43	-
Temp. series (12)	-	0.29
Characteristics (13)	0.43	-
Fade 2 (14)	-	0.37
Characteristics (15)	0.40	-
μ nom	0.43	-
μ min	-	0.29



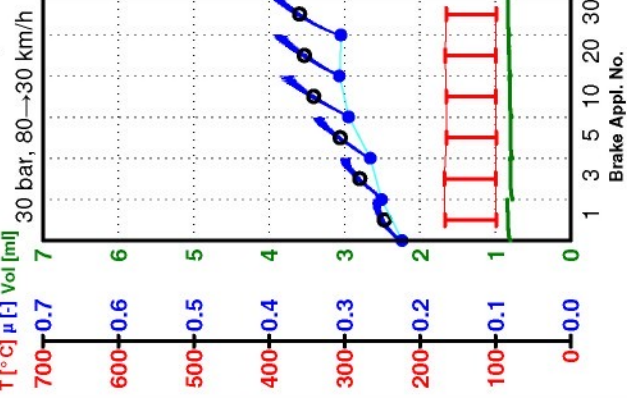
Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 × 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Caliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PR09004
Test - n°	T_3929

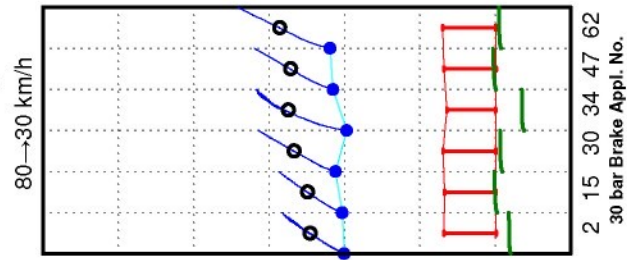
Remark
Aftermarket disc - DF4376

AK-Master GME L-5A/B-12

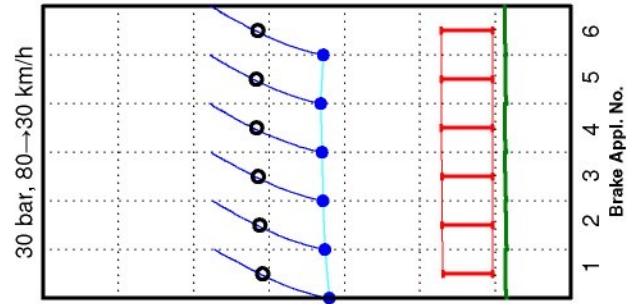
1. Characteristics - μ Green



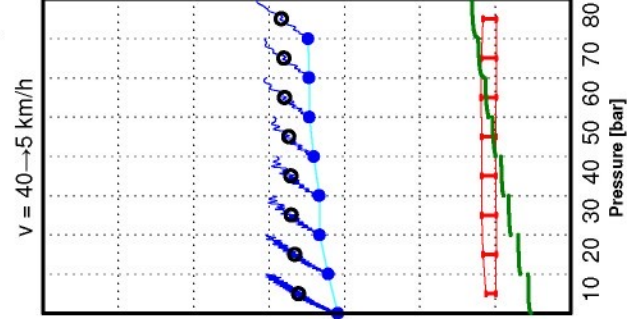
2. Bedding



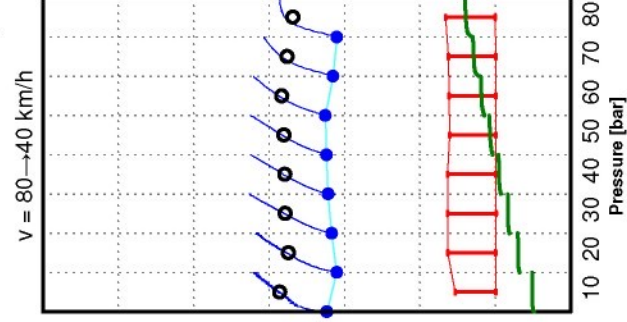
3. Characteristics



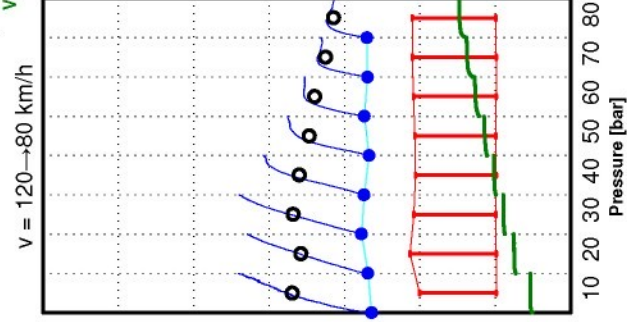
4.1 Pressure sensitivity



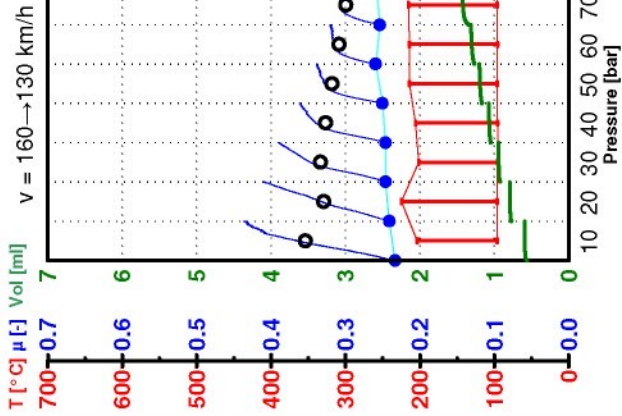
4.2 Pressure sensitivity



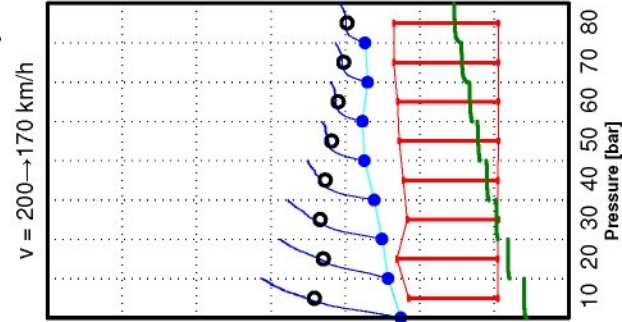
4.3 Pressure sensitivity



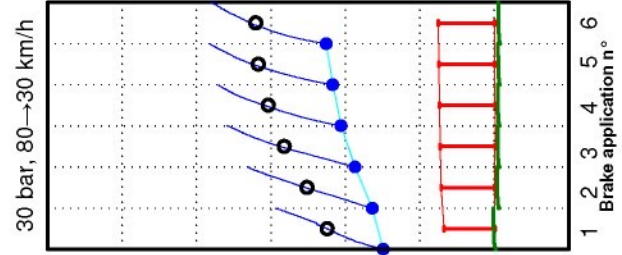
4.4 Pressure sensitivity



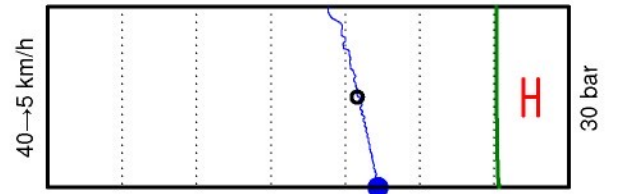
4.5 Pressure sensitivity



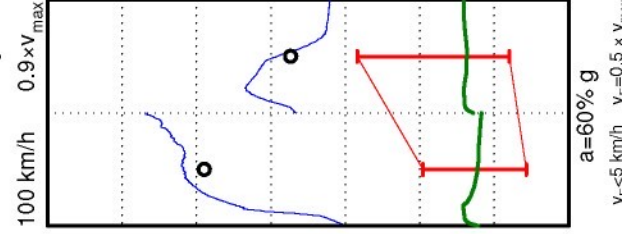
5. Characteristics



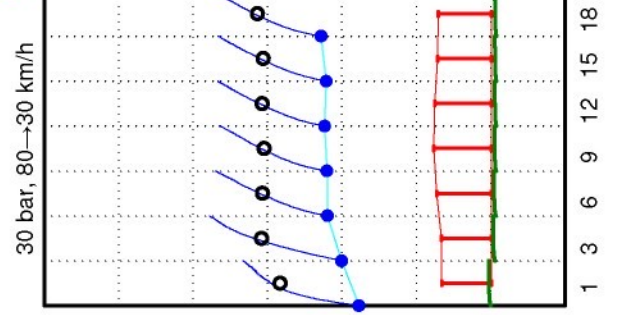
6. Char. Cold



7. Motorway



8. Characteristics



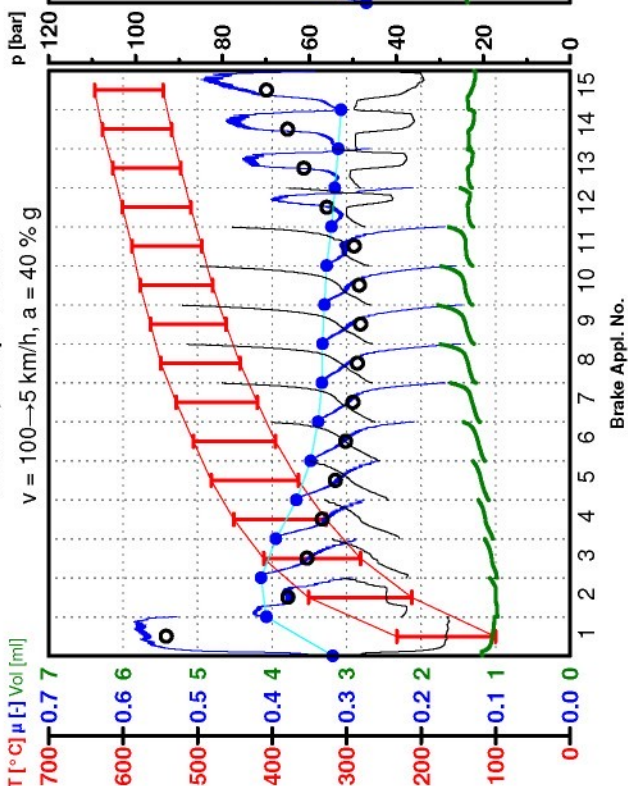
Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 x 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Caliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PR09004
Test - n°	T_3934

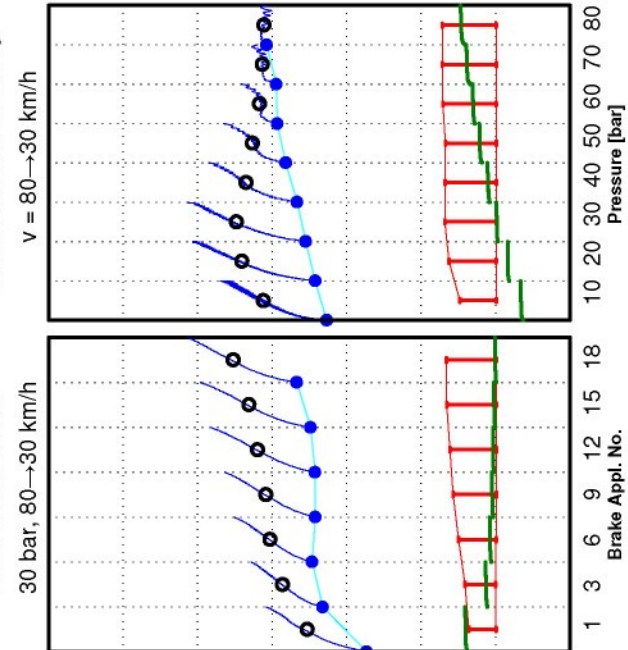
Remark
Aftermarket disc - DF4376

AK-Master GME L-5A/B-12

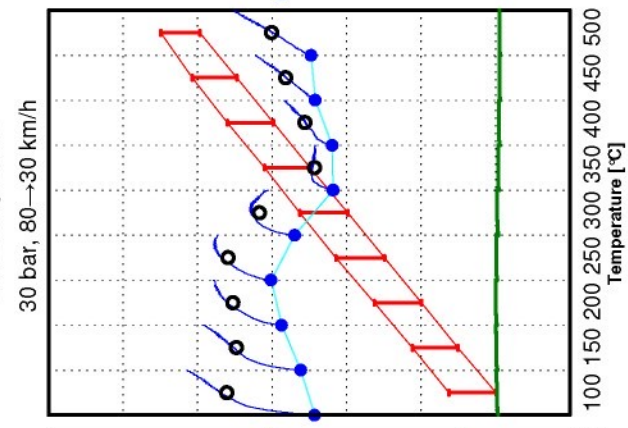
9. Fade, Temp. → 550 °C



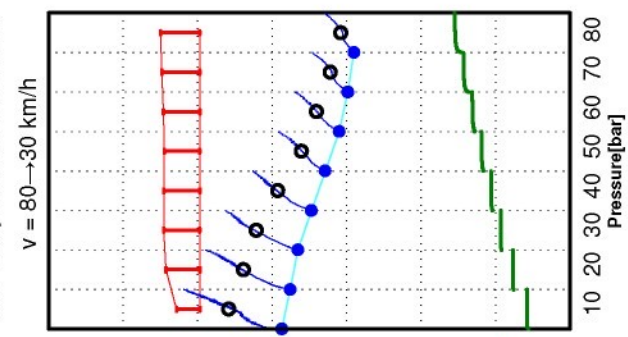
10. Characteristics



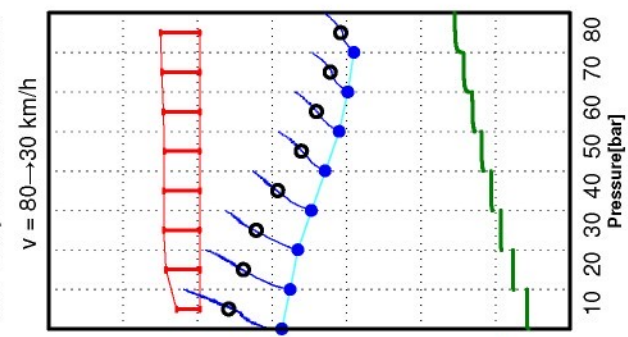
11. Pressure sensitivity



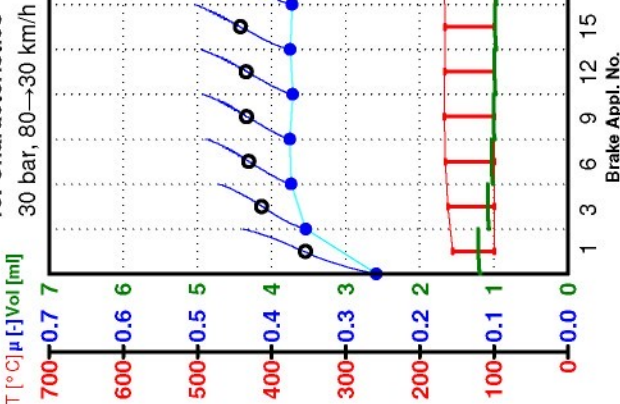
12.1 Temp. incr.



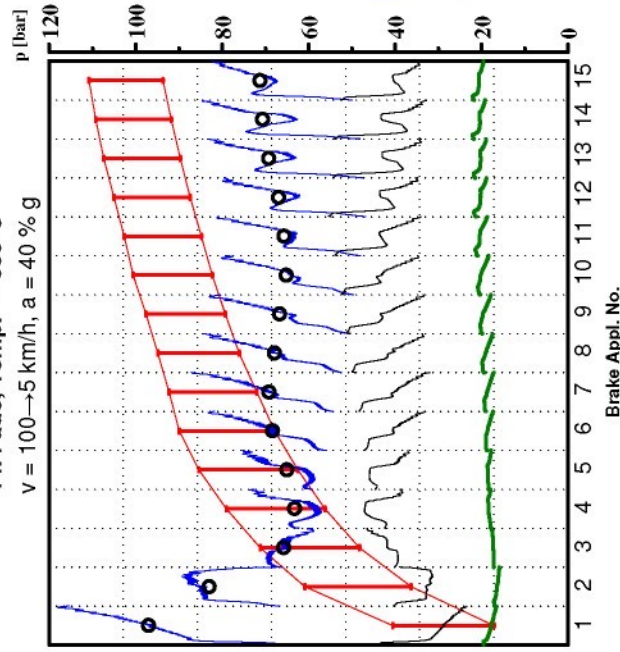
12.2 Temperature line 500 °C



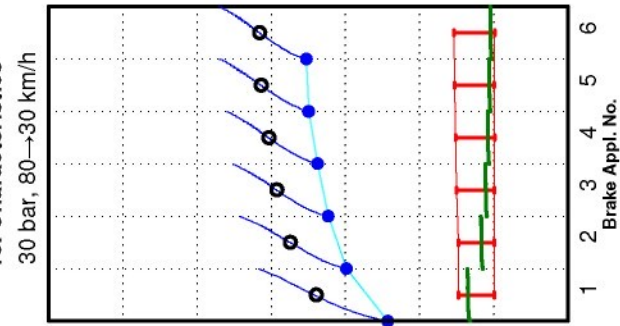
13. Characteristics



14. Fade, Temp. → 550 °C



15. Characteristics



Legend	
—	μ - Level [-]
○	μ - Average [-]
●	μ - Mean [-]
I	$T_{max} - T_{min}$ [°C]
—	Pressure [bar]
—	Volume [ml]

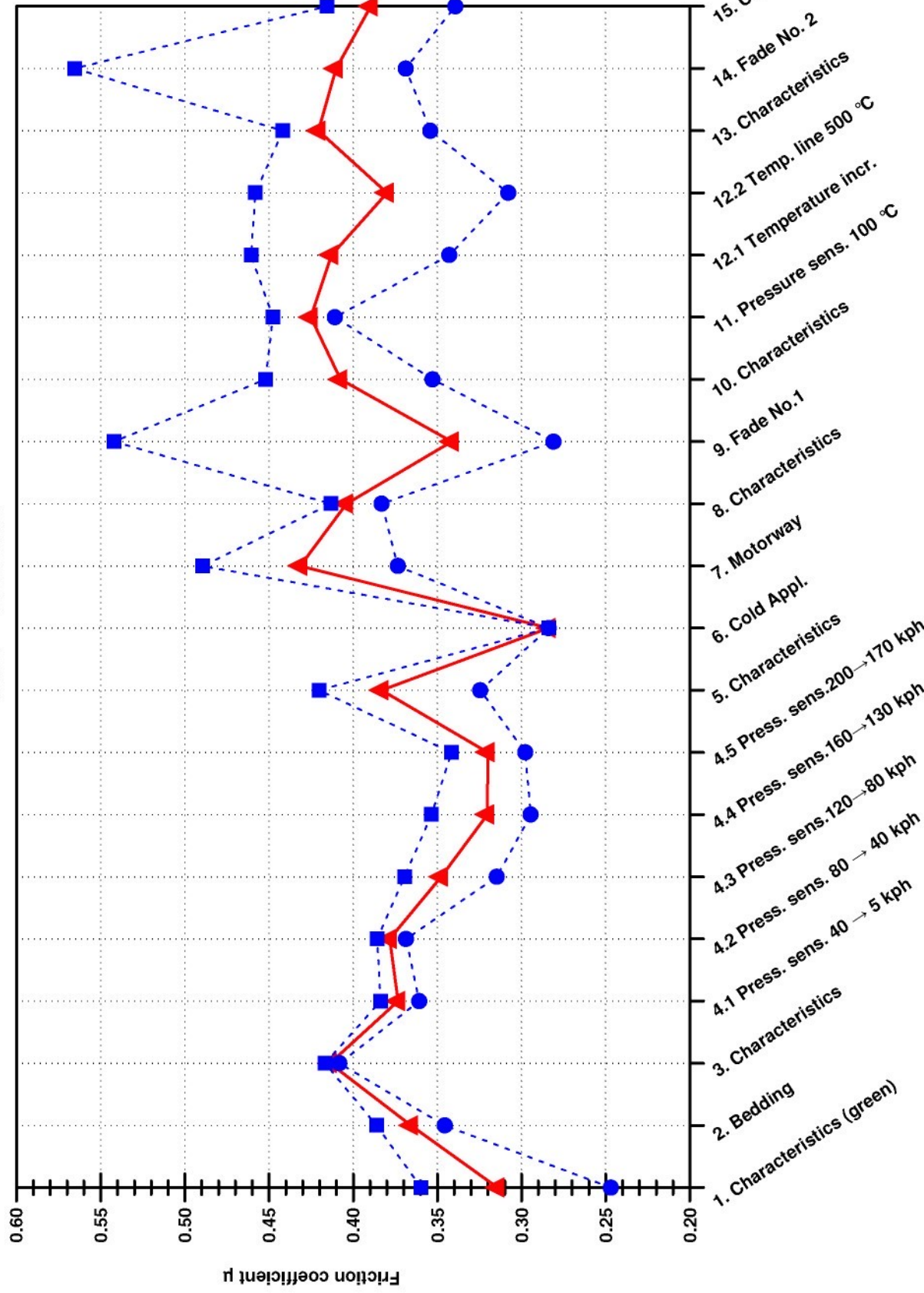
Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 x 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Caliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PR09004
Test - n°	T_3934

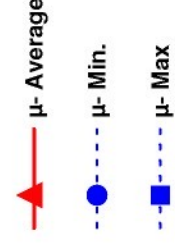
Remark / AK-Master GME L-5A/B-12

Aftermarket disc - DF4376

AK - Master



μ Characterization	avg	min
Characteristics (3)	0.41	-
Speed series (4.3)	0.35	-
Speed series (4.5)	0.32	-
Characteristics (5)	0.38	-
40 °C stop (6)	0.28	-
Motorway (7)	0.43	-
Characteristics (8)	0.40	-
Fade1 (9)	-	0.28
Characteristics (10)	0.41	-
Temp. series (12)	-	0.31
Characteristics (13)	0.42	-
Fade 2 (14)	-	0.37
Characteristics (15)	0.39	-
μ nom	0.38	-
μ min	-	0.28



Remark
AK-Master GME L-5A/B-12
Aftermarket disc - DF4376

Jurid 616
9214835
BOSCH
Opel Agila 1.2
Dyno 5 JBC
PR09004
T_3934

Pad Quality
Charge
Caliper
Vehicle
Dyno
Project - n°
Test - n°
Tyre radius [mm]
275
Eff. radius [mm]
103
Piston diameter [mm]
48
Threshold pressure [bar]
0.3
Inertia [kgm²]
41.2
Disc [mm]
252 x 17



**Inertia Dynamometer Test of Brake Systems with Ventilated
Brake Disks**

**Bremsanlagen mit innenbelüfteten Bremsscheiben auf dem
Schwungmassenprüfstand**

Approved
GM do Brasil

Approved
Holden's Automotive

Approved
Saab

Approved
Holden's Engine Company

Approved
ISUZU

Approved
ITDC

Karl-F. Bräcker

23. 2. 1998

Approved
Delta Motor

File name: 60006---.DOC

Prepared: *E*

DM

GMHA

GMB

HEC

ISUZU

SAAB

ITDC

Beitz

February 1998

Page 1 of 9

Revisions

Date	Paragraph
	Replacement for GME L-5A-10
02.98	ITDC Release

Änderungen

Datum	Abschnitt
	Ersatz für GME L-5A-10
02.98	ITEZ - Freigabe

1 Introduction

1.1 Purpose

Durability test of ventilated brake disks and inspection of brake pads for heat cracks.

1.2 Foreword

Previous tests of brake systems with ventilated brake disks revealed that the occurrence of heat cracks on the friction surface can considerably reduce the service life of ventilated brake disks. Decisive is the combined effect of plastic hardness, elasticity, thermal conductivity and the composition of the used brake pad quality.

Ventilated brake disks are increasingly used in series production. New brake pad qualities will, however, not be tested in road and durability tests before the manufacturer of the brake pads has proofed the intensivity to cracks of his product concerning the brake disk described in the following bench test. The same applies to a brake disk to be newly developed.

1.3 Applicability

Brake systems with ventilated brake disks.

1.4 Definitions

N.a.

1.5 References

1.5.1 Order of Precedence

In the event of a conflict between the text of the test procedure and the documents cited herein, the text of the test procedure takes precedence. Nothing in the test procedure, however, supersedes applicable laws and regulations unless a specific exemption has been obtained.

Remark: In the event of a conflict between the English and the domestic language, the English language shall take precedence.

1 Einleitung

1.1 Zweck

Prüfung der Dauerleistungsfähigkeit innenbelüfteter Bremscheiben und Belaguntersuchung auf Wärmerißbildung.

1.2 Vorwort

Im Laufe der bisher durchgeführten Untersuchungen an Bremsanlagen mit innenbelüfteten Bremscheiben zeigte es sich, daß die Dauerleistungsfähigkeit der belüfteten Bremscheiben wesentlich durch das Auftreten von Wärmerissen auf der Lauffläche begrenzt ist. Als entscheidend ist das Zusammenwirken von Kunststoffhärte, Elastizität, Wärmeleitfähigkeit und Belagaufbau der verwendeten Belagqualität anzusehen.

Belüftete Bremscheiben werden in zunehmendem Maße produktionsmäßig eingesetzt. Die Erprobung neuer Belagqualitäten hierfür wird aber erst dann im Fahr- und Dauerversuch vorgenommen, wenn der Belaghersteller gemäß dem nachfolgend beschriebenen Prüfstandprogramm die Rißunempfindlichkeit seiner Belagqualität in Bezug auf die Bremscheibe nachgewiesen hat. Das gleiche gilt sinngemäß für eine neu zu entwickelnde Bremscheibe.

1.3 Anwendbarkeit

Bremsanlagen mit innenbelüfteten Bremscheiben.

1.4 Definitionen

N.a.

1.5 Referenzen

1.5.1 Rangfolge der Dokumente

Im Falle eines Widerspruchs vom Text dieses Prüfverfahrens und den Dokumenten, die in dem Prüfverfahren enthalten sind, hat der Text des Prüfverfahrens Vorrang. Falls keine Ausnahmen vereinbart wurden, darf das Prüfverfahren keine anzuwendenden Gesetze und Regelungen außer Kraft setzen.

Hinweis: Im Falle von Unstimmigkeiten zwischen dem englischen und dem landessprachlichen Text, ist der englische Text ausschlaggebend.

1.5.2 Government Documents

N.a.

1.5.3 General Motors Documents**1.5.3.1 GMW**

N.a.

1.5.3.2 GMIO

GMI L-5A/B-3

Inertia Dynamometer Brake Test

1.5.3.3 NAO

N.a.

1.5.4 Industry Documents

N.a.

1.5.5 Supplier Documents

N.a.

1.5.6 Other Documents

N.a.

1.5.2 Staatliche Dokumente

N.a.

1.5.3 General Motors Dokumente**1.5.3.1 GMW**

N.a.

1.5.3.2 GMIO

GMI L-5A/B-3

Bremsen auf Schwingmassenprüfstand

1.5.3.3 NAO

N.a.

1.5.4 Industrie Dokumente

N.a.

1.5.5 Lieferanten Dokumente

N.a.

1.5.6 Andere Dokumente

N.a.

2 Resources**2.1 Facilities**

Inertia dynamometer with variable inertia weights.
Inertia moment variable, $J = (40 \text{ to } 100) \text{ kgm}^2$.

2.2 Equipment**2.2.1**

Inertia Dynamometer.

2.2.2

Cooling Air Blower.

2.3 Test Vehicle/Test Piece**2.3.1**

Brake systems with ventilated brake disks. At least
4 brake disks shall be tested.

2.3.2

Brake pads.

2 Geräte und Einrichtungen**2.1 Einrichtung**

Schwingmassen-Bremsenprüfstand mit variablen
Schwingmassen. Massenträgheitsmoment variabel
von $J = (40 \text{ bis } 100) \text{ kgm}^2$.

2.2 Ausrüstung**2.2.1**

Schwingmassenprüfstand.

2.2.2

Kühlluftgebläse.

2.3 Versuchsfahrzeug/Probekörper**2.3.1**

Bremsanlagen mit innenbelüfteten Bremsscheiben.
Es sind mindestens 4 Bremsscheiben zu prüfen.

2.3.2

Bremsbeläge.

3 Procedure

3.1 Preparation

N.a.

3.2 Conditions

3.2.1 Number of Revolutions

1300 min⁻¹.

3.2.2 Line Pressure

According to a mean deceleration of 6 m/s².

3.2.3 Inertia Moment

Inertia moment to GMI L-5A/B-3.

3.2.4 Maximum Disk Temperature

T_{max} ≥ 500°C after 3, 4 or more brake applications.

3.2.5 Temperature Measuring Points

In the center friction radius, as close to the disk runout as possible, according to GMI L-5A/B-3.

3.2.6 Cooling

During the entire braking procedure.

3.2.7 Cycle

For example 3 or 4 brake applications to obtain a temperature of ≥ 500°C at the brake disk.

3.2.8 Caliper

Production.

3.2.9 Ventilated Disk

Production or experimental.

3.2.10 Deviations

Deviations from this test procedure shall have been agreed upon. Such deviations shall be specified on component drawings and shall be noted on test certificates, reports etc.

3 Durchführung

3.1 Vorbereitung

N.a.

3.2 Prüfbedingungen

3.2.1 Drehzahl

1300 min⁻¹.

3.2.2 Leitungsdruck

Entsprechend einer mittleren Verzögerung von 6 m/s².

3.2.3 Massenträgheitsmoment

Massenträgheitsmoment nach GMI L-5A/B-3.

3.2.4 Maximale Scheibentemperatur

T_{max} ≥ 500°C, z.B. nach 3, 4 oder mehr Bremsungen.

3.2.5 Temperaturmeßstelle

Am mittleren Reibradius so nah wie möglich am Scheibenauslauf, entsprechend GMI L-5A/B-3.

3.2.6 Kühlung

Während des gesamten Bremsvorgangs.

3.2.7 Zyklus

Zum Beispiel 3 oder 4 Bremsungen zum Erreichen einer Temperatur von ≥ 500°C an der Scheibe.

3.2.8 Bremssattel

Produktion.

3.2.9 Belüftete Scheibe

Produktions- oder Versuchsscheibe.

3.2.10 Abweichungen

Abweichungen von den Bedingungen dieses Prüfverfahrens müssen vereinbart werden. Diese Abweichungen sind auf Teilzeichnungen vorgeschrieben bzw. müssen in Prüfzeugnissen, Berichten u. dergl. angegeben werden.

3.3 Instructions

3.3.1 General

Brake applications from 1300 min⁻¹ at a line pressure equivalent to a deceleration of $\approx 6 \text{ m/s}^2$ shall be performed. Depending on disk temperature and brake pad condition the line pressure will be $\approx (8.0 \text{ to } 15.0) \text{ MPa}$. Upon reaching a disk temperature of $T \geq 500^\circ\text{C}$ no further brake applications shall be performed and the disk shall be cooled to $\approx 80^\circ\text{C}$ as quickly as possible to obtain a high temperature gradient. Cooling is permanently provided also during the total brake applications. A disk temperature of 500°C is reached after every 3rd or 4th brake application.

Since measurements performed on different test stands have different results, a basic test with production pads shall be performed before each test.

3.3.2 Basic test

During the basic test, the brake cycles shall be repeated until the disk breaks apart either on the caliper or the piston side, or record the crack intensity after 300 brake cycles and terminate the test.

3.4 Data

3.4.1 Targets

3.4.1.1 Brake pad quality to be evaluated

When using inspected brake pads the basic brake disks shall not break earlier than during the basic test. After 300 cycles the crack intensity shall not be worse than determined in the basic test, or as shown in fig. 1 and 2.

3.4.1.2 Brake disk to be evaluated

The inspected brake with the basic brake pad disk shall not break earlier than the basic disk. After 300 cycles the crack intensity shall not be worse than the basic disk or as shown in fig. 1 and 2.

3.3 Prüfanleitung

3.3.1 Allgemein

Die Bremsungen werden aus 1300 min⁻¹ mit einem Leitungsdruck, der einer Verzögerung von $\approx 6 \text{ m/s}^2$ entspricht, gefahren. Dies ergibt je nach Scheibentemperatur und Belagzustand einen Leitungsdruck von $\approx (8,0 \text{ bis } 15,0) \text{ MPa}$. Nach Erreichen einer Scheibentemperatur von $T \geq 500^\circ\text{C}$ werden die Bremsungen unterbrochen und die Scheibe schnellstmöglich zur Erzielung eines hohen Temperaturgradienten auf $\approx 80^\circ\text{C}$ heruntergekühlt. Die Kühlung erfolgt ständig, auch während der gesamten Bremsdauer. Nach jeder 3. oder 4. Bremsung wird eine Scheibentemperatur von 500°C erreicht.

Da die Messungen auf verschiedenen Prüfständen unterschiedliche Ergebnisse bringen, ist vor jeder Untersuchung ein Basisversuch mit Produktionsteilen durchzuführen.

3.3.2 Basisversuch

Im Basisversuch werden die Bremszyklen solange wiederholt bis die Bremsscheibe faust- oder kolben-seitig durchgerissen ist, bzw. nach 300 Bremszyklen wird die Intensität der Risse festgehalten und der Versuch beendet.

3.4 Ergebnisse

3.4.1 Forderungen

3.4.1.1 Zu beurteilende Belagqualität

Bei den untersuchten Belagqualitäten darf die Basis-Bremsscheibe nicht früher durchgerissen sein als die im Basisversuch bzw. die Intensität der Risse soll nach 300 Zyklen nicht größer sein als beim Basisversuch oder wie in Abb. 1 und 2 gezeigt.

3.4.1.2 Zu beurteilende Bremsscheibe

Die mit dem Basisbremsbelag untersuchte Bremsscheibe darf nicht früher durchgerissen sein als die Basisbremsscheibe, bzw. die Intensität der Risse soll nach 300 Zyklen nicht größer sein als bei der Basisbremsscheibe oder wie in Abb. 1 und 2 gezeigt.

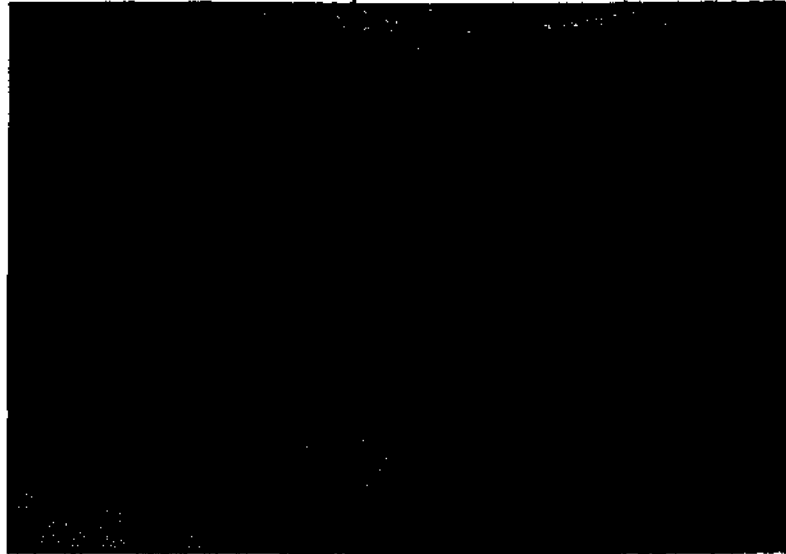


Fig. 1: Beginning of crack formation at 195 cycles; shown state at 334 cycles

Abb. 1: Rißbeginn bei 195 Zyklen; gezeigter Zustand bei 334 Zyklen

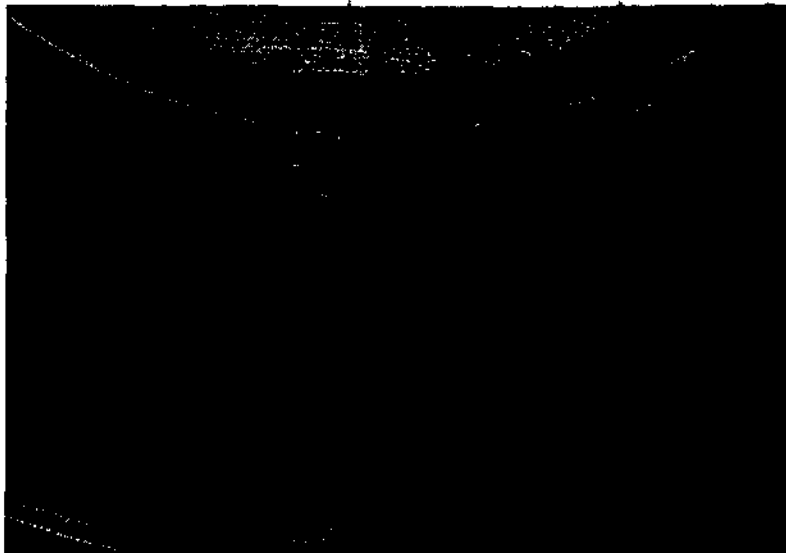


Fig. 2: Beginning of crack formation at 234 cycles; shown state at 312 cycles

Abb. 2: Rißbeginn bei 234 Zyklen; gezeigter Zustand bei 312 Zyklen

3.4.2 Evaluation

Record beginning of crack formation and number of cycles at the end of the test.

3.4.2 Auswertung

Rißbeginn und Anzahl der Zyklen bei Versuchsende sind zu registrieren.

3.4.3 Presentation

With reference to this test procedure the results shall be presented in a test report.

3.4.3 Darstellung

Die Ergebnisse sind in einem Prüfbericht unter Hinweis auf dieses Prüfverfahren darzustellen.

4 Coding System

This test procedure shall be called up in other documents, drawings, VTS, CTS etc. as follows:

Example:

"Test to GMI L-5A-10"

4 Angabe in Dokumenten

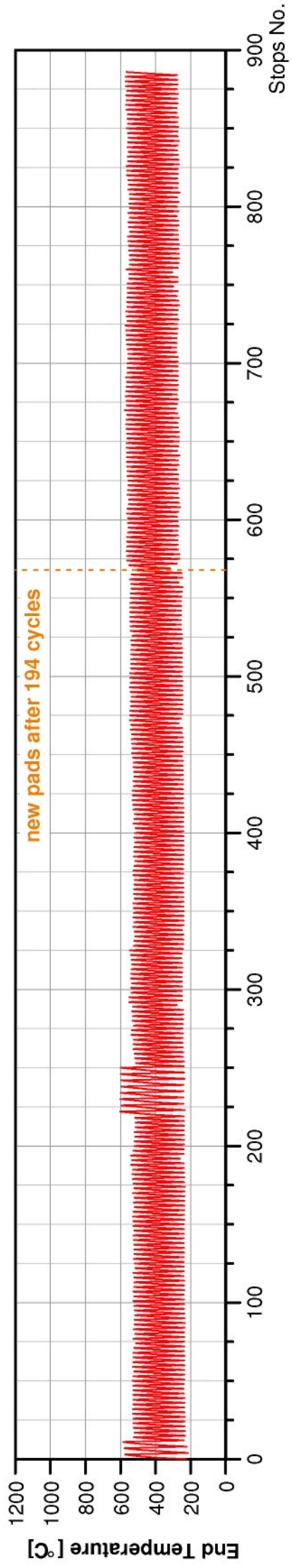
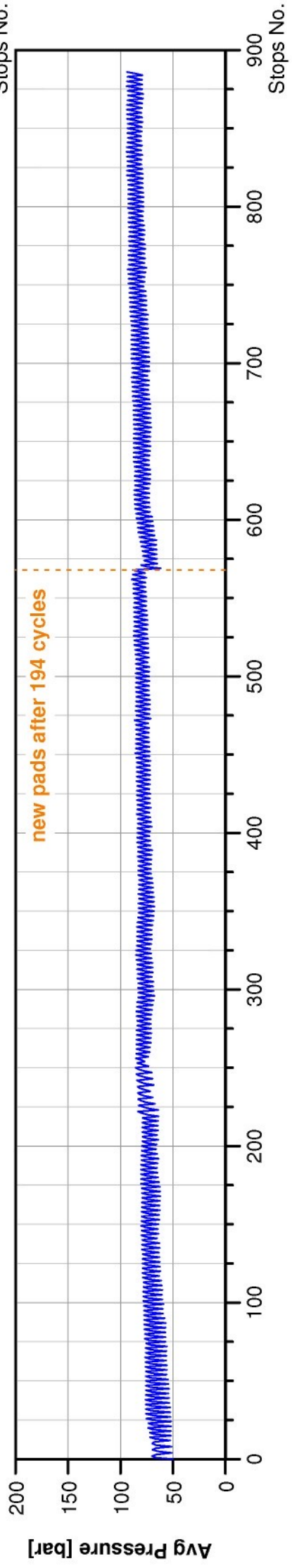
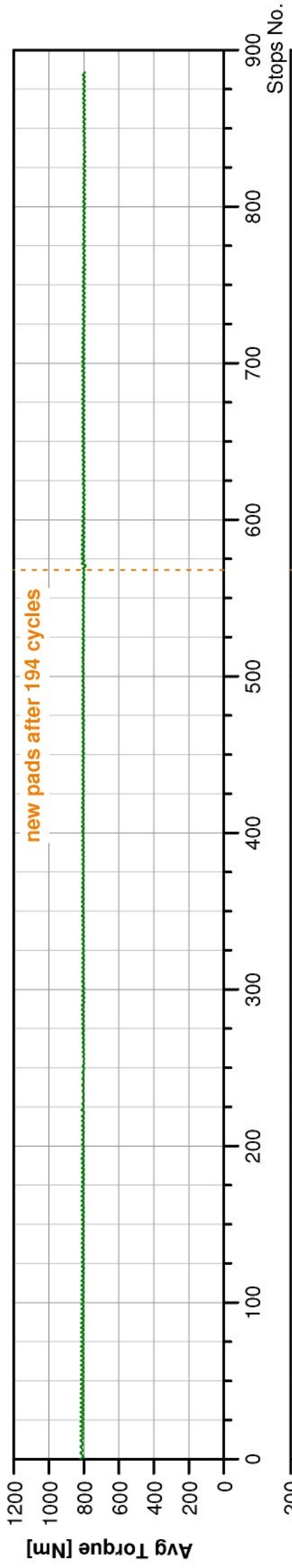
Dieses Prüfverfahren ist in anderen Dokumenten, Zeichnungen, VTS, CTS etc. wie folgt anzugeben:

Beispiel:

"Prüfung nach GMI L-5A-10"

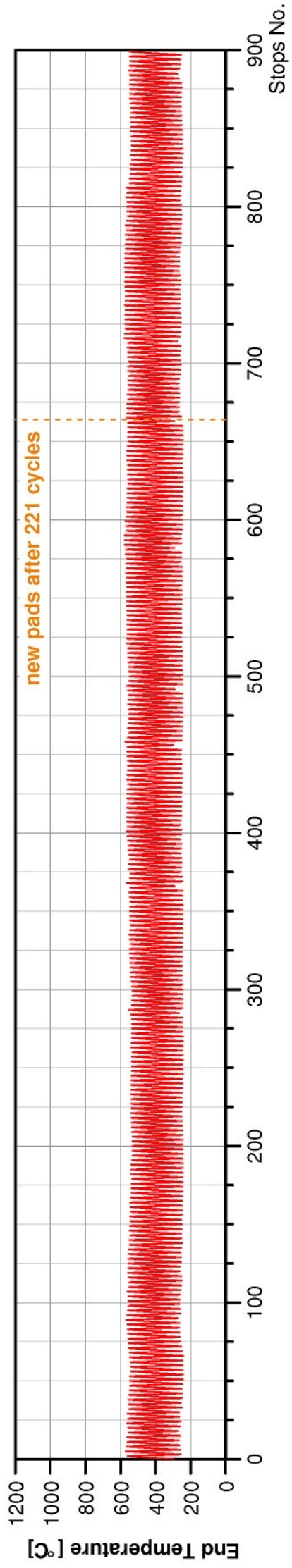
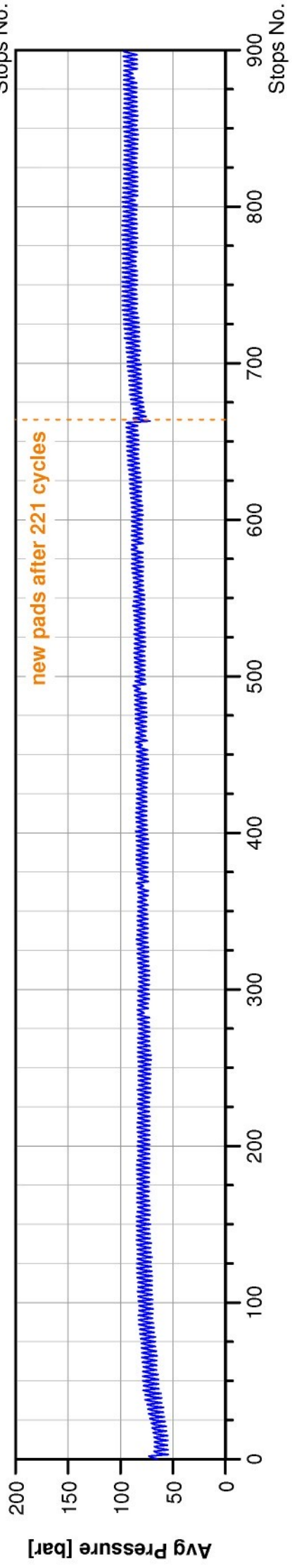
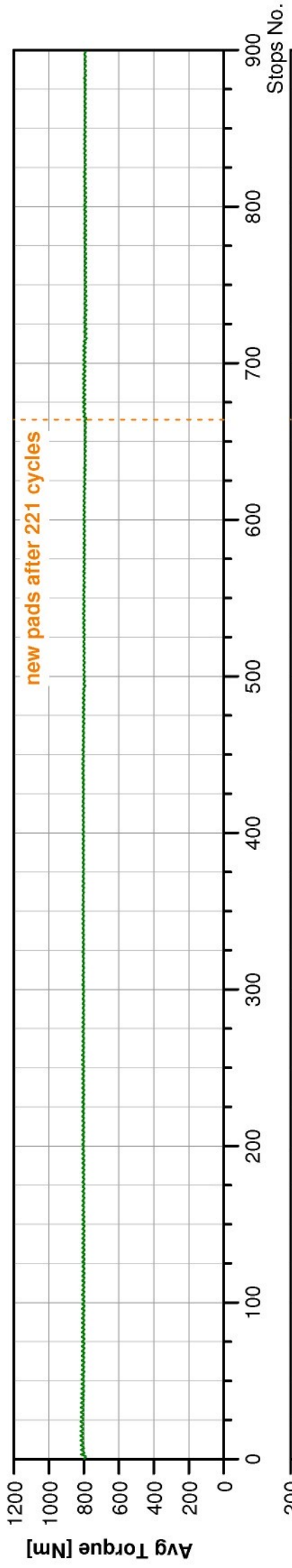
Deviations

Abweichungen



Crack test - GMI L-5A-10

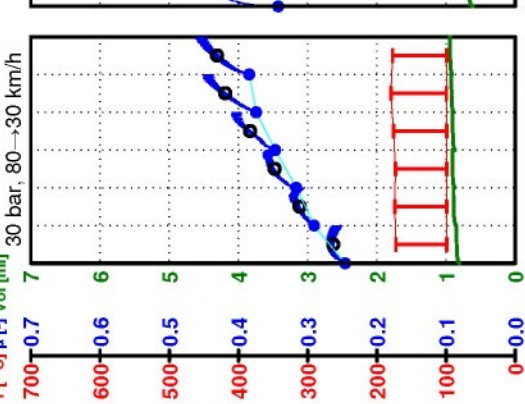
Brake:	Bosch	Inertia:	41.2 kgm ²	Order number:	T3930
Disc [mm]:	252 x 17	R _{dyn} :	275 mm	DYNO:	Dyno 5
Friction mat.:	Jurid 616	R _{eff} :	103 mm	Date:	06.01.2009
Car:	Opel Agila 1.2	Piston diameter:	48 mm	Engineer:	Mirka Franclikova



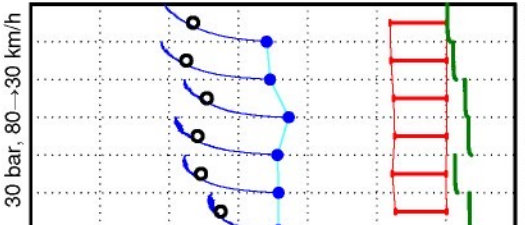
Crack test - GMI L-5A-10

Brake:	Bosch	Inertia:	41.2 kgm ²	Order number:	T3935
Disc [mm]:	252 x 17	R _{dyn} :	275 mm	DYNO:	Dyno 5
Friction mat.:	Jurid 616	R _{eff} :	103 mm	Date:	06.01.2009
Car:	Opel Agila 1.2	Piston diameter:	48 mm	Engineer:	Mirka Franclikova

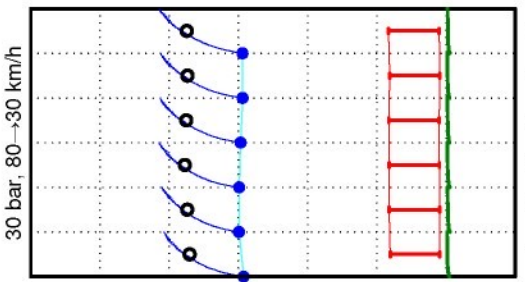
1. Characteristics - μ Green



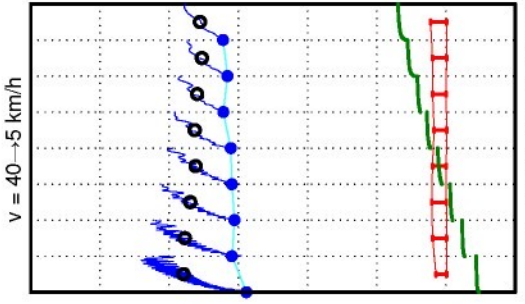
2. Bedding



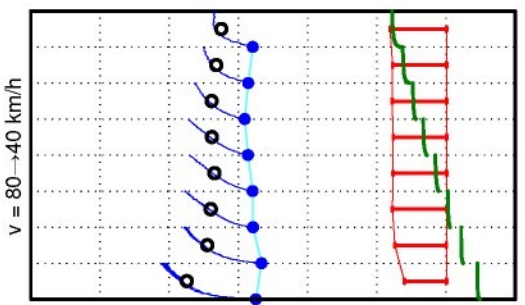
3. Characteristics



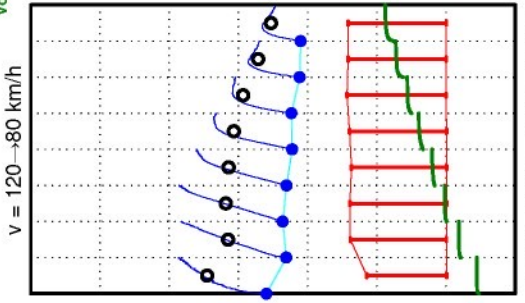
4.1 Pressure sensitivity



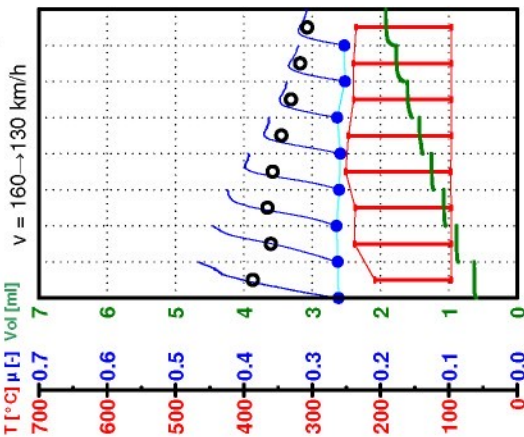
4.2 Pressure sensitivity



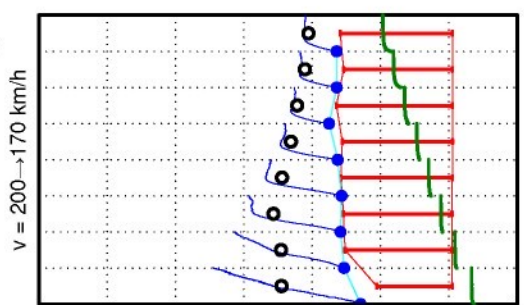
4.3 Pressure sensitivity



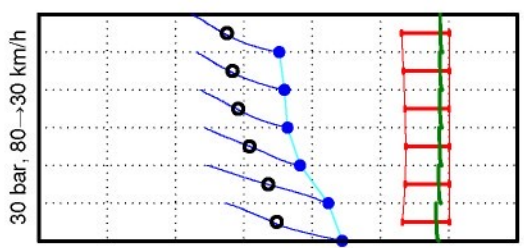
4.4 Pressure sensitivity



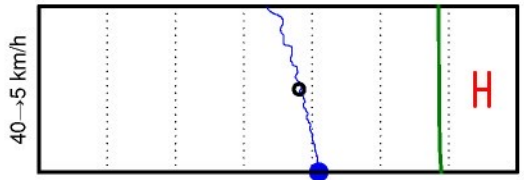
4.5 Pressure sensitivity



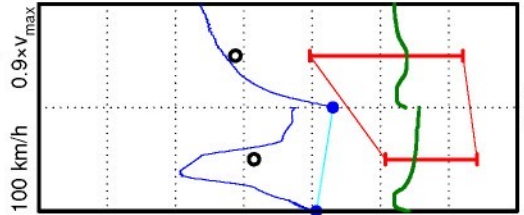
5. Characteristics



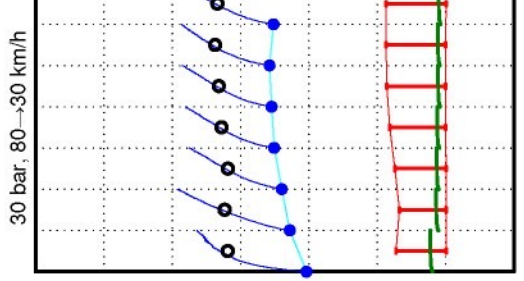
6. Char. Cold



7. Motorway



8. Characteristics



Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 x 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Calliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PRO9004
Test - n°	T4923_1RE

Remark

aftermarket disc - DF4376 - editorial grinded

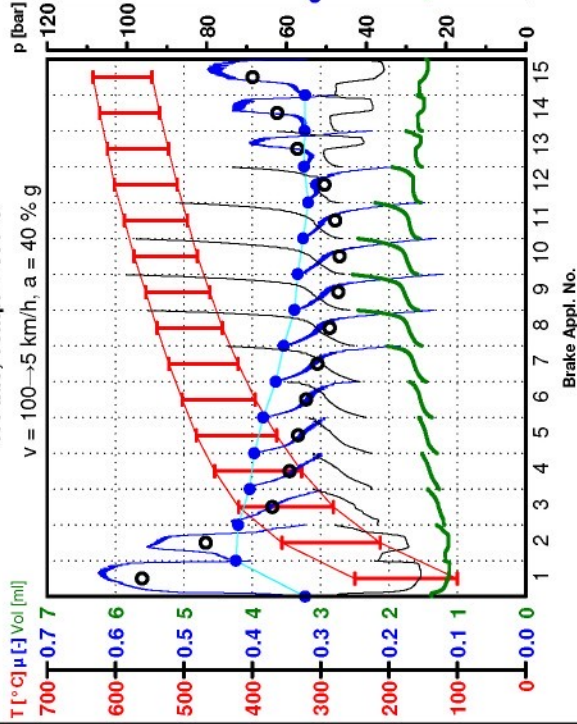
AK-Master GME L-5A/B-12

Data File:	T4923_1RE
Engineer:	Mirka Franclikova
Date:	03.03.2009



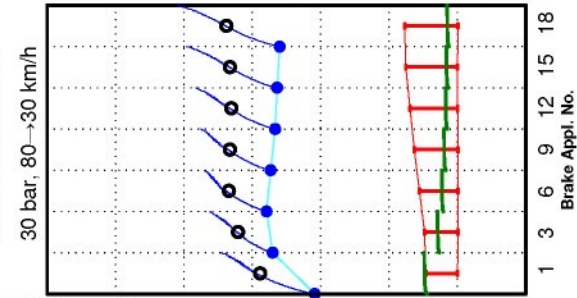
9. Fade, Temp. → 550 °C

v = 100 → 5 km/h, a = 40 % g



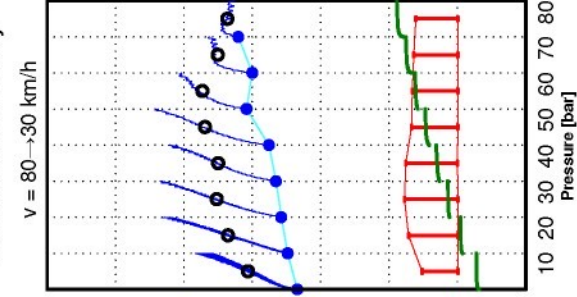
10. Characteristics

30 bar, 80 → 30 km/h



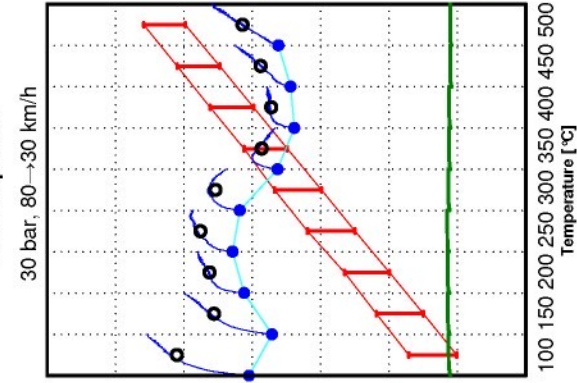
11. Pressure sensitivity

v = 80 → 30 km/h



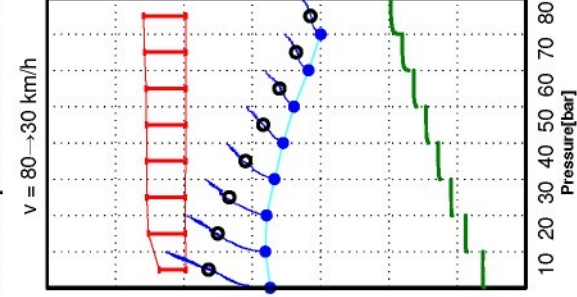
12.1 Temp. incr.

30 bar, 80 → 30 km/h



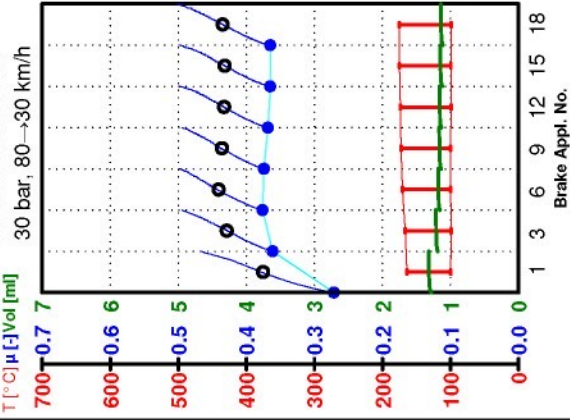
12.2 Temperature line 500 °C

v = 80 → 30 km/h



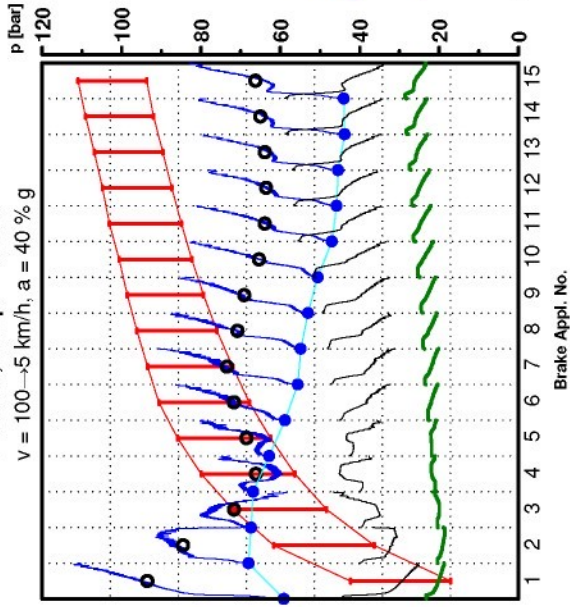
13. Characteristics

30 bar, 80 → 30 km/h



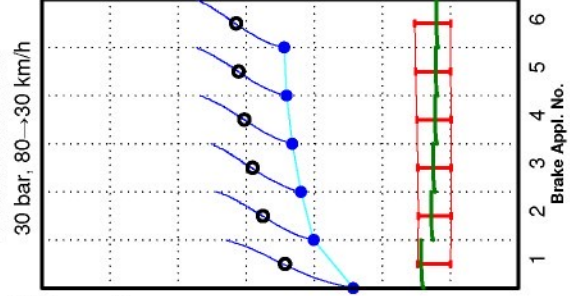
14. Fade, Temp. → 550 °C

v = 100 → 5 km/h, a = 40 % g



15. Characteristics

30 bar, 80 → 30 km/h



Legend

- μ - Level [-]
- μ - Average [-]
- μ - Mean [-]
- $T_{max} - T_{min}$ [°C]
- Pressure [bar]
- Volume [ml]



Remark / AK-Master GME L-5A/B-12

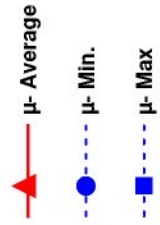
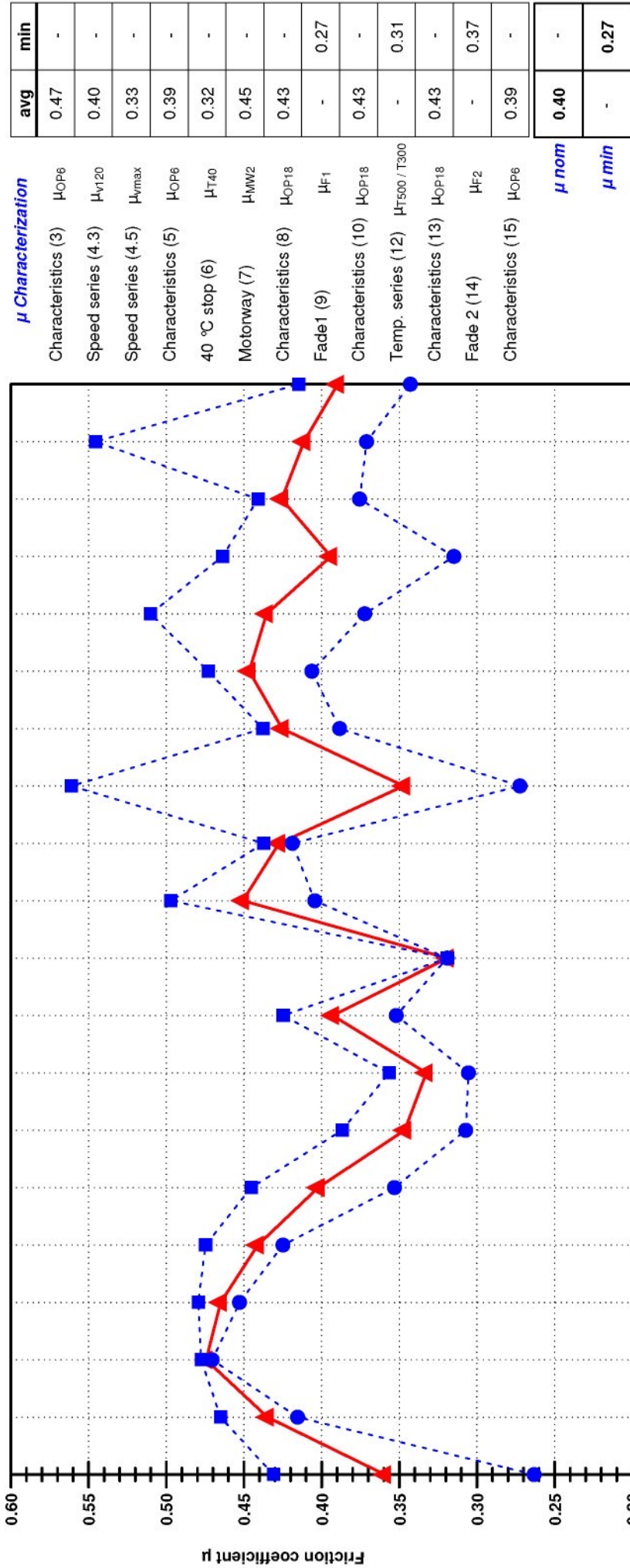
aftermarket disc - DF4376 - editorial grinded

Pad Quality
 Jurid 616
 Charge 9214835
 Caliper BOSCH
 Vehicle Opel Agila 1.2
 Dyno Dyno 5 JBC
 Project - n° PR09004
 Test - n° T4923_1RE

Tyre radius [mm] 275
 Eff. radius [mm] 103
 Piston diameter [mm] 48
 Treshold pressure [bar] 0.3
 Inertia [kgm²] 41.2
 Disc [mm] 252 x 17

Data File: T4923_1RE
 Engineer: Mirka Franclikova
 Date: 03.03.2009

AK - Master



Data File: T4923_1RE
 Engineer: Mirka Franclikova
 Date: 03.03.2009

Remark | AK-Master GME L-5A/B-12

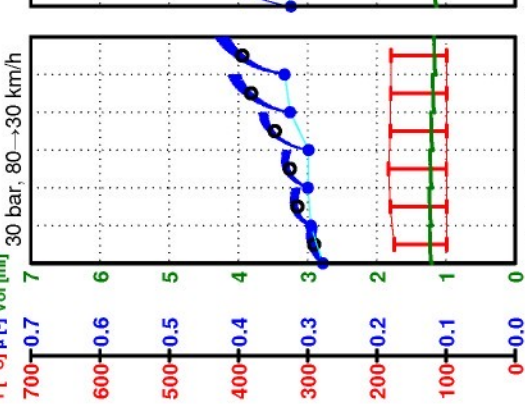
aftermarket disc - DF4376 - editional grinded

Jurid 616
 9214835
 BOSCH
 Opel Agila 1.2
 Dyno 5 JBC
 PR09004
 T4923_1RE

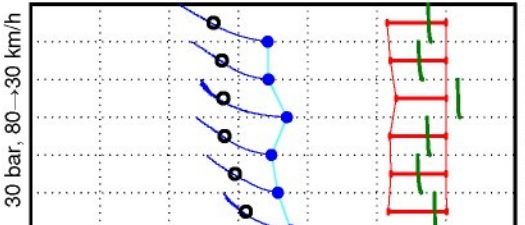
Pad Quality
 Charge
 Caliper
 Vehicle
 Dyno
 Project - n°
 Test - n°

- 1. Characteristics (green)
- 2. Bedding
- 3. Characteristics
- 4.1 Press. sens. 80 → 40 kph
- 4.2 Press. sens. 120 → 80 kph
- 4.3 Press. sens. 160 → 130 kph
- 4.4 Press. sens. 200 → 170 kph
- 5. Characteristics
- 6. Cold Appl.
- 7. Motorway
- 8. Characteristics
- 9. Fade No.1
- 10. Characteristics
- 11. Pressure sens. 100 °C
- 12.1 Temperature incr.
- 12.2 Temp. line 500 °C
- 13. Characteristics
- 14. Fade No. 2
- 15. Characteristics

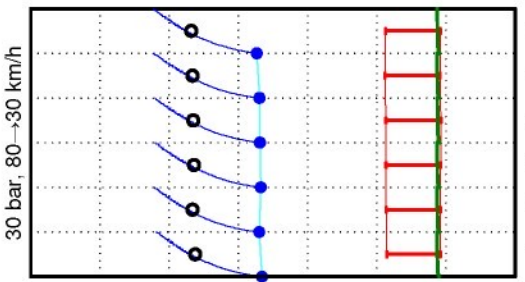
1. Characteristics - μ Green



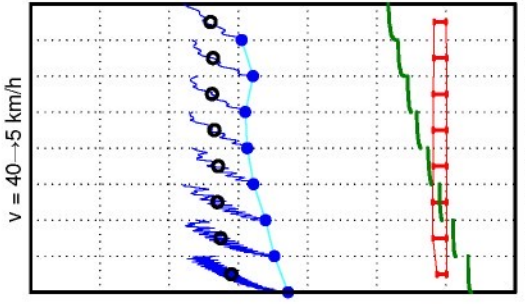
2. Bedding



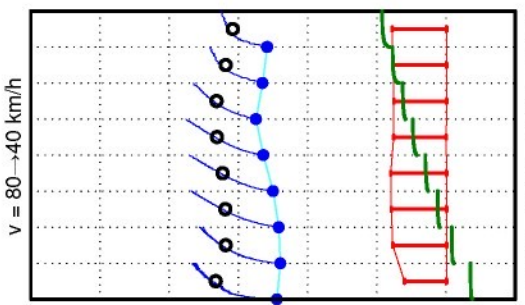
3. Characteristics



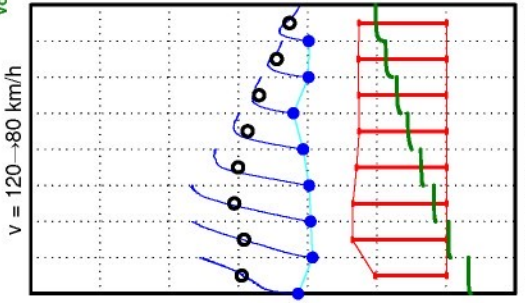
4.1 Pressure sensitivity



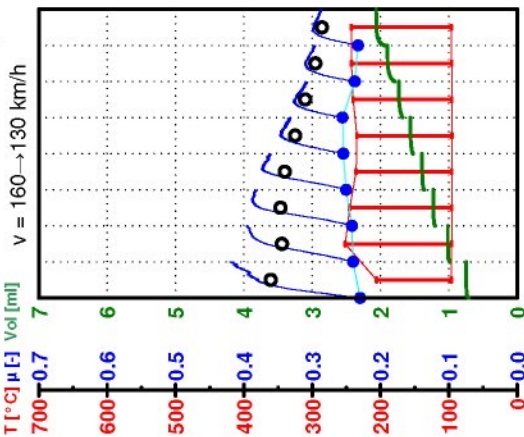
4.2 Pressure sensitivity



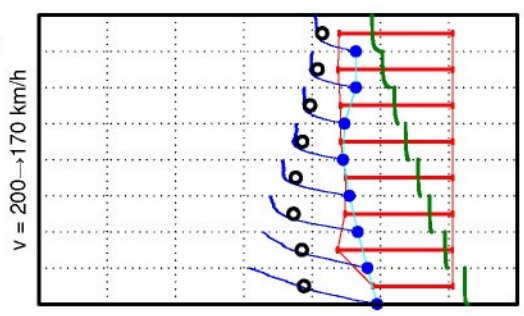
4.3 Pressure sensitivity



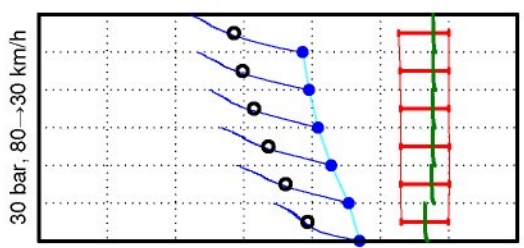
4.4 Pressure sensitivity



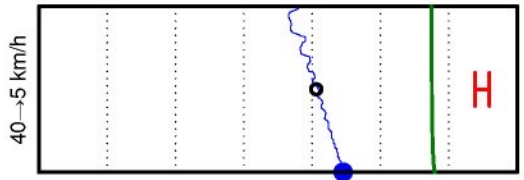
4.5 Pressure sensitivity



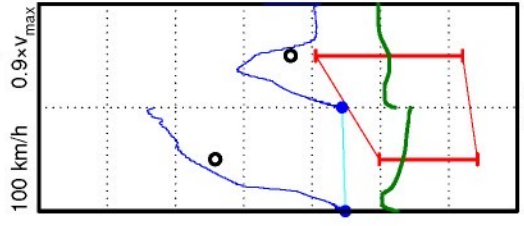
5. Characteristics



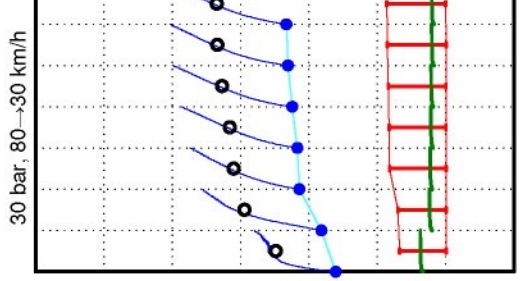
6. Char. Cold



7. Motorway



8. Characteristics



Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Treshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm ²]	41.2
Disc [mm]	252 x 17

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Calliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PRO9004
Test - n°	T4923_1RF

Remark

aftermarket disc - DF4376
with 200 running in stops 100 → 20 km/h, 100 °C, 40bar

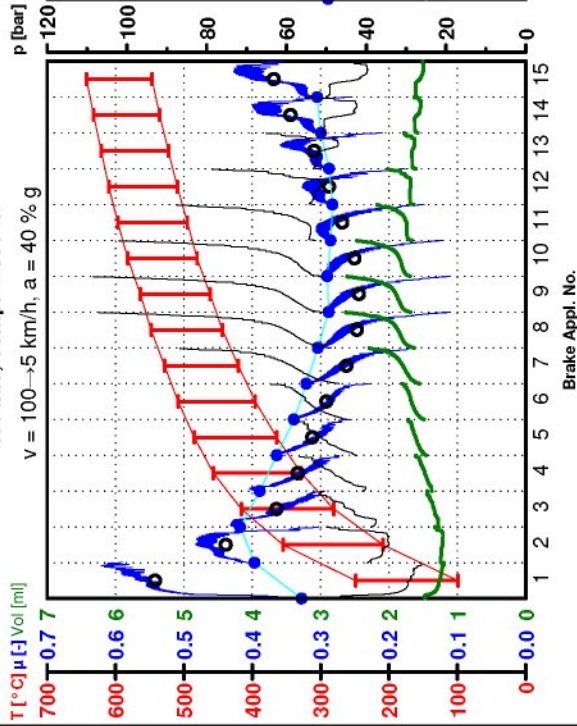
AK-Master GME L-5A/B-12

Data File: T4923_1RF
Engineer: Mirka Francilkova
Date: 03.03.2009



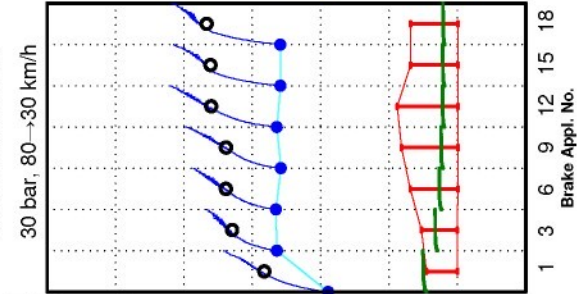
9. Fade, Temp. → 550 °C

v = 100 → 5 km/h, a = 40 % g



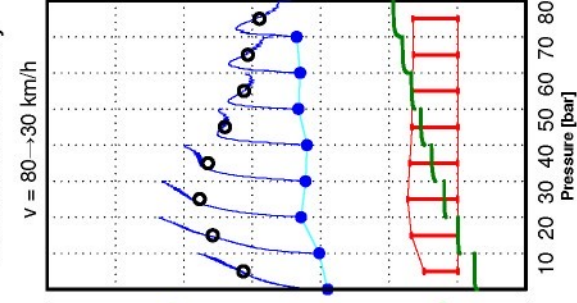
10. Characteristics

30 bar, 80 → 30 km/h



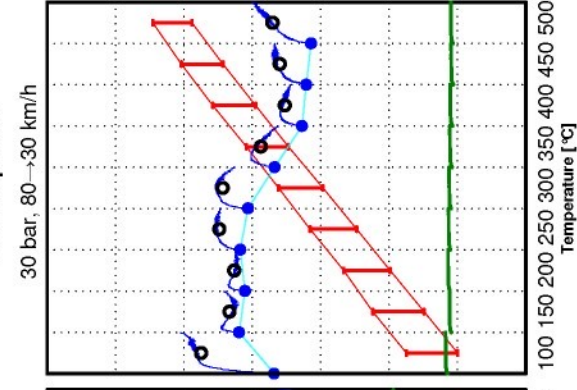
11. Pressure sensitivity

v = 80 → 30 km/h



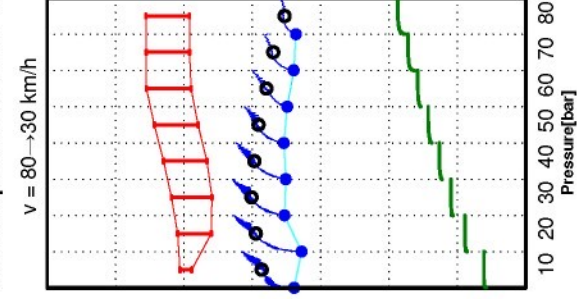
12.1 Temp. incr.

30 bar, 80 → 30 km/h



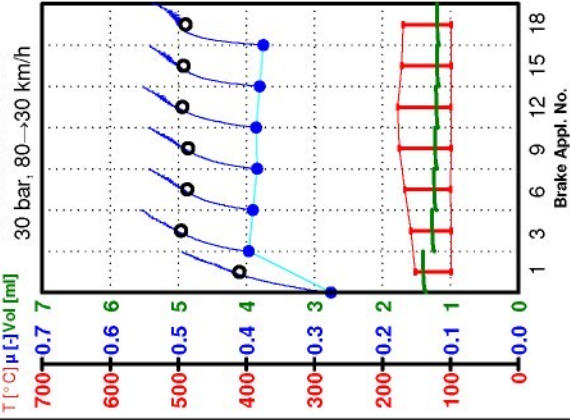
12.2 Temperature line 500 °C

v = 80 → 30 km/h



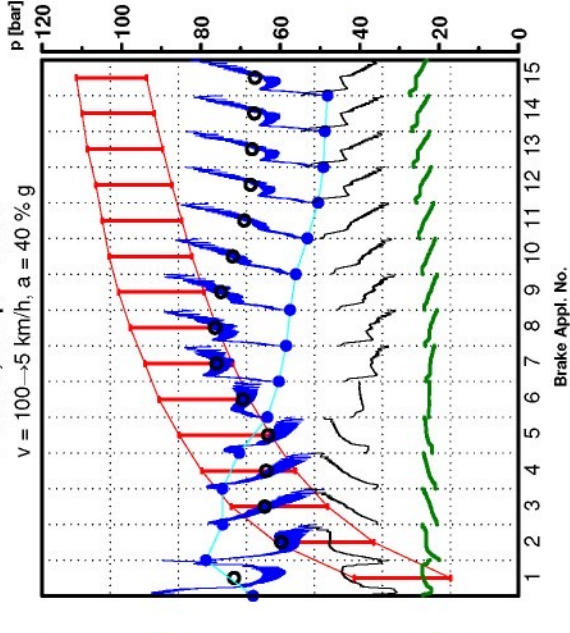
13. Characteristics

30 bar, 80 → 30 km/h



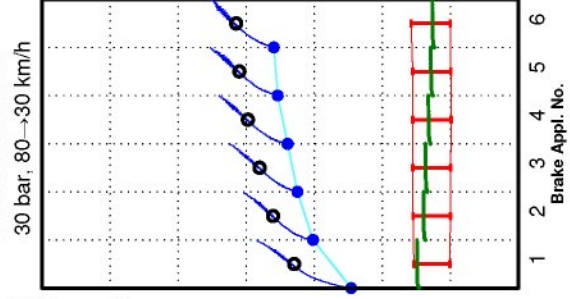
14. Fade, Temp. → 550 °C

v = 100 → 5 km/h, a = 40 % g



15. Characteristics

30 bar, 80 → 30 km/h



Legend

- μ - Level [-]
- μ - Average [-]
- μ - Mean [-]
- $T_{max} - T_{min}$ [°C]
- Pressure [bar]
- Volume [ml]



Remark / AK-Master GME L-5A/B-12

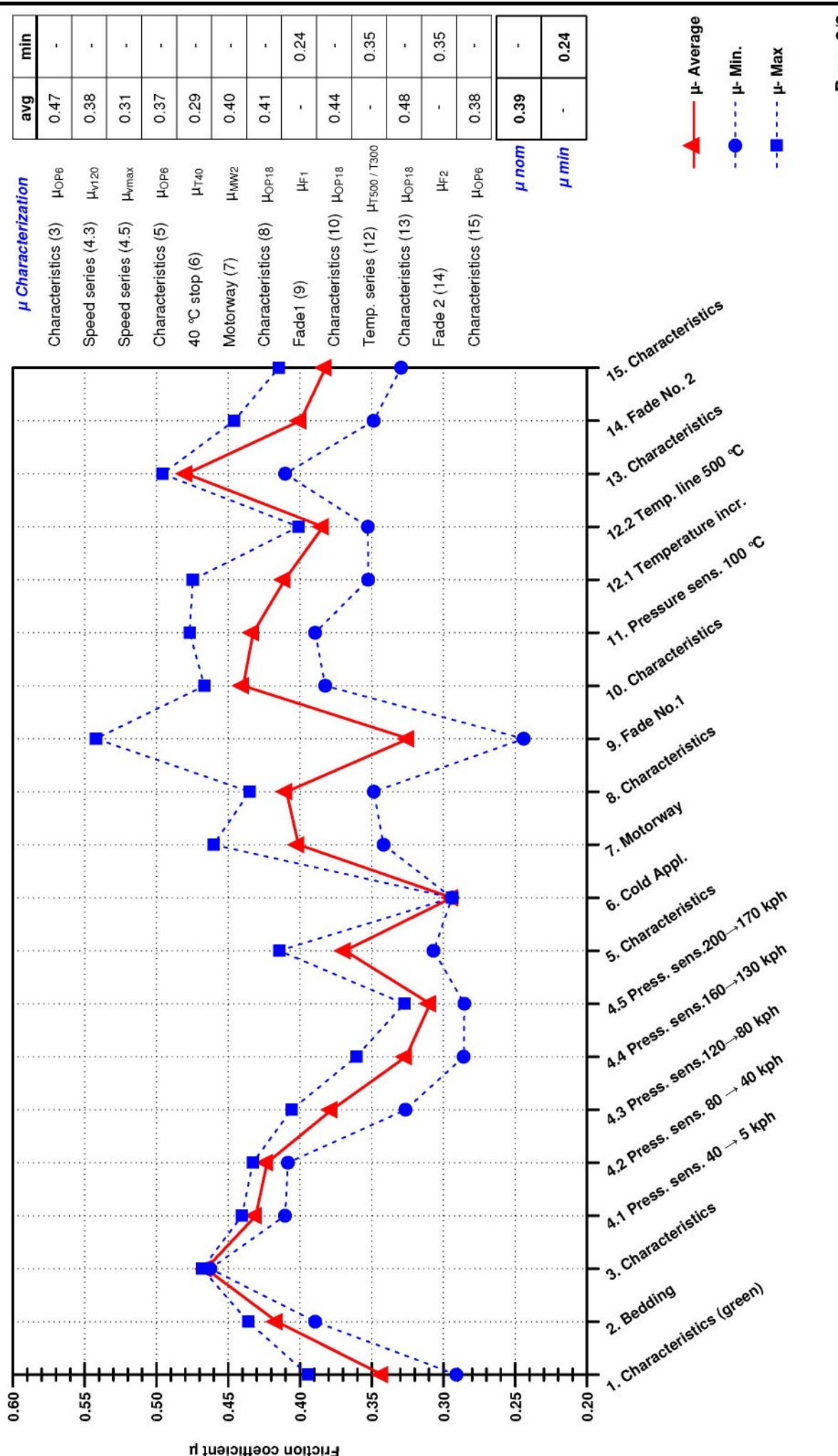
aftermarket disc - DF4376
with 200 running in stops 100 → 20 km/h, 100 °C, 40bar

Data File: T4923_1RF
Engineer: Mirka Franclikova
Date: 03.03.2009

Pad Quality	Jurid 616
Charge	9214835
Calliper	BOSCH
Vehicle	Opel Agila 1.2
Dyno	Dyno 5 JBC
Project - n°	PRO9004
Test - n°	T4923_1RF

Tyre radius [mm]	275
Eff. radius [mm]	103
Piston diameter [mm]	48
Threshold pressure [bar]	0.3
Inertia [kgm²]	41.2
Disc [mm]	252 x 17

AK - Master



Remark | **AK-Master GME L-5A/B-12**

aftermarket disc - DF4376
with 200 running in stops 100 → 20 km/h, 100 °C, 40bar

Jurid 616
9214835
BOSCH
Opel Agila 1.2
Dyno 5 JBC
PRO9004
T4923_1RF

Pad Quality
Charge
Calliper
Vehicle
Dyno
Project - n°
Test - n°

275
103
48
0.3
41.2
252 x 17

Tyre radius [mm]
Eff. radius [mm]
Piston diameter [mm]
Treshold pressure [bar]
Inertia [kgm²]
Disc [mm]

03.03.2009
Mirka Franclikova
T4923_1RF

Zahlenangaben

DIN
1333

Presentation of numerical data

Ersatz für DIN 1333 T 1/02.72
und DIN 1333 T 2/02.72

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	5.4 Schreibweisen mit Angabe der relativen Grenzabweichungen	9
2 Übersicht über die Schreibweisen und Begriffe	2	6 Ergebniswerte mit Unsicherheit	10
2.1 Verschiedene Zahlenschreibweisen im Zehnersystem	2	6.1 Ermittlung der Rundestelle in der Ergebniszahl bei bekannter Unsicherheit u	10
2.2 Besondere Zahlenschreibweisen	3	6.2 Schreibweisen mit Angabe der Unsicherheit u	10
2.3 Zahlen aus nichtdezimalen Stellenwertsystemen	3	6.3 Schreibweisen ohne Angabe der Unsicherheit ..	10
2.4 Zahlen aus gemischten Systemen	3	7 Konventionell richtiger Wert	11
3 Arten von Zahlenschreibweisen im Zehnersystem	4	8 Namen und Ziffern für Zahlenschreibweisen zur Basis b	11
3.1 Positive Zahlen	4	9 Zahlenschreibweise zur Basis b mit Ziffern	12
3.2 Negative Zahlen	7	9.1 Vollständige Angabe	12
3.3 Doppelzeichen zur Angabe von Paaren von Zahlen und Termen	7	9.2 Angabe der dienlichen Ziffern	13
4 Runden	8	10 Mathematische Definitionen	13
4.1 Rundeverfahren	8	10.1 Allgemeine Stellenwertdarstellungen zur Basis b	13
4.2 Festlegen der Rundestelle	8	10.2 Begriffe zu gerundeten Zahlen und vorgegebenen Formaten	16
4.3 Kommastellung	8	Anmerkungen	18
4.4 Auswahl der Runderegeln	8	Zitierte Normen und andere Unterlagen	19
4.5 Runderegeln	8	Frühere Ausgaben	19
5 Vorgabewerte (Sollwerte, Grenzwerte, Toleranzen)	9	Änderungen	19
5.1 Allgemeines	9	Stichwortverzeichnis	20
5.2 Sollwerte	9		
5.3 Schreibweisen mit Angabe der Grenzabweichungen	9		

1 Anwendungsbereich und Zweck

In dieser Norm wird festgelegt, wie Zahlen im täglichen Leben, in Wirtschaft, Technik und Wissenschaft geschrieben werden sollen. Dabei werden auch über die näherungsweise Angabe von Zahlen Festlegungen getroffen, wie sie beim Runden und Messen erforderlich sind. Ferner wird die Art der Angabe von Toleranzen festgelegt. Schreibweisen im Zehnersystem, die in fast allen Bereichen die üblichen und einzig auftretenden Darstellungen sind und die nicht besonders (als „zum Zehnersystem gehörig“) gekennzeichnet werden, werden in den

Abschnitten 3 bis 7 behandelt. Andere Darstellungssysteme (mit den Basen 2, 8 bzw. 16) spielen in der Informatik eine Rolle. Beliebige Basen werden in der Mathematik zur Gewinnung allgemeiner Einsichten betrachtet. Die Schreibweisen zur Basis b werden systematisch mit dem Präfix $b\$$ gekennzeichnet und in den Abschnitten 8 und 9 behandelt.

Begriffliche Festlegungen zu den Zahlendarstellungen enthält der Abschnitt 10.

Diese Norm gilt nicht für die interne Zahlendarstellung von Computern.

Fortsetzung Seite 2 bis 20



Normenausschuß Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Qualitätssicherung und angewandte Statistik (AQS) im DIN

2 Übersicht über die Schreibweisen und Begriffe

Tabelle 1.

	Beispiel und Stichwort	siehe
<p>2.1 Verschiedene Zahlenschreibweisen im Zehnersystem</p>		
<p>ganzahliger Teil gebrochener Teil</p>	<p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Nr 10.1.11 Nr 10.1.12</p>
<p>Vorzeichen Ziffern(folge)</p>	<p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Nr 3.2.1, 10.1.6, 10.1.8, 10.1.9 Nr 10.1.8, 10.1.9</p>
<p>Komma</p>	<p>_____</p>	<p>Abschnitt 3, Nr 10.1.8</p>
<p>Dezimalschreibweise</p>	<p>-26 468,369 45</p>	<p>Nr 3.1.1, 3.2.1, 10.1.10</p>
<p>Schreibstellen</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 10.1.15</p>
<p>Stellen</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 10.1.16</p>
<p>Gliederung</p>	<p>_____</p>	<p>Abschnitt 3, Nr 3.1.1</p>
<p>nur bei Festkommenschreibweise und gerundeten Zahlen</p>	<p>3, 250</p>	<p>Nr 10.1.9, 10.2.4, Abschnitt 4.5</p>
<p>Plus-Minus-Zeichen</p>	<p>±6,28</p>	<p>Nr 3.3.1</p>
<p>als Kurzschreibweise für +6,28 und -6,28</p>	<p>_____</p>	<p>Abschnitte 6.2.1, 6.2.3</p>
<p>— bei der Angabe von Ergebniswerten</p>	<p>_____</p>	<p>Abschnitte 5.3, 5.4</p>
<p>— bei der Angabe von Vorgabewerten</p>	<p>_____</p>	
<p>nur bei Geldbeträgen</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.2</p>
<p>mit Gliederungszeichen</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.2</p>
<p>mit Füllzeichen</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.2</p>
<p>1. Faktor, auch Mantisse</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.3, 10.2.5</p>
<p>Zehnerpotenz, auch Basispotenz</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.3, 10.1.13</p>
<p>Zehnerexponent</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.3, 10.2.5</p>
<p>Produkt mit Zehnerpotenz</p>	<p>-2, 684 · 10⁻³</p>	<p>Nr 3.1.3, 10.1.13</p>
<p>Basis</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 10.1.3, 10.1.13</p>
<p>Multiplikationszeichen</p>	<p>-2, 680 · 10⁻³</p>	<p>DIN 1302</p>
<p>nur bei Gleitkommenschreibweise (und gerundetem Produkt mit Zehnerpotenz)</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.3, 10.2.5</p>
<p>Produkt mit Zahlwort</p>	<p>6,28 Mrd.</p>	<p>Nr 3.1.4</p>
<p>Zahlwortabkürzung</p>	<p>_____</p>	<p>Nr 3.1.4</p>
<p>Produkt mit den Zahlenfaktoren % und ‰</p>	<p>4,5 % 4,5 ‰</p>	<p>Nr 3.1.5</p>
<p>Produkt mit physikalischen Einheiten</p>	<p>5,3 km</p>	<p>DIN 1313</p>
<p>Kennzeichnung der Periode</p>	<p>_____</p>	
<p>periodischer Dezimalbruch</p>	<p>3,845 23</p>	<p>Nr 3.1.6, 9.1.4</p>
<p>Ziffern der Periode</p>	<p>_____</p>	

Tabelle 1. (Fortsetzung)

	Beispiel und Stichwort	siehe
<p>3, 1415 ...</p>  <p>Kennzeichnung einer Kürzung auf voraussichtlich dienliche Ziffern</p>		<p>Nr 3.1.7, 9.2.1 Nr 3.1.7, 9.2.1</p>
<p>2.2 Besondere Zahlenschreibweisen</p>		
<p>$\frac{3}{19}$ $\frac{3}{10}$ $\frac{3}{19}$</p> <p>$5 + \frac{1}{4}$ $5\frac{1}{4}$ $5 + \frac{1}{4}$</p> <p>$5\frac{1}{4}$ $5 + 1/4$</p> <p>$5\frac{1}{4}$</p> <p>10^2</p> <p>23,2⁴ oder 23,2₄</p> <p>25,4 25,4</p> <p>15⁻³</p> <p>9 cm x 12 cm</p>	<p>Quotienten, Bruchschreibweise mit Bruchstrich, mit Schrägstrich</p> <p>„gemischte Brüche“</p> <p>Potenz</p> <p>Nur bei Zahlen mit Unsicherheit: Kennzeichnung einer Rundstelle</p> <p>Kennzeichnung als genaue Zahl</p> <p>bei der Angabe von Vorgabewerten</p> <p>nur bei (Flächen-)Formaten</p> <p>Produkt mit liegendem Kreuz</p>	<p>Nr 3.1.9</p> <p>Nr 3.1.10</p> <p>DIN 1302</p> <p>Abschnitt 6.3.1</p> <p>Abschnitt 7</p> <p>Abschnitt 5.3</p> <p>DIN 1338</p>
<p>2.3 Zahlen aus nichtdezimalen Stellenwertsystemen</p>		
<p></p> <p>2\$ 110 1011</p>	<p>Ziffern des Zweiersystems</p> <p>Dualschreibweise, Zahlenschreibweise zur Basis 2</p> <p>Systemkennzeichen</p> <p>Basis</p>	<p>Abschnitt 8</p> <p>Abschnitte 8, 9, Nr 10.1.8, 10.1.9</p> <p>Nr 10.1.8</p> <p>Nr 10.1.3, 10.1.8</p>
<p>2.4 Zahlen aus gemischten Systemen</p>		
<p>03.04.1988</p> <p>1988-04-03</p> <p>3 h 02 min</p> <p>08.15.07</p> <p>15° 06' 30"</p>	<p>Datumangabe</p> <p>Ziffern mit führenden Nullen</p> <p>Datumangabe</p> <p>Zeitspanne</p> <p>Uhrzeitangabe</p> <p>Winkelangabe</p>	<p>DIN 5008/11.86, Tabelle 3, Fußnote 2</p> <p>ISO 8601 : 1988</p> <p>DIN 1301</p> <p>DIN 1355 Teil 1</p> <p>DIN 1315</p>

3 Arten von Zahlenschreibweisen im Zehnersystem

Das Komma ist das Trennzeichen zwischen dem ganzzahligen und gebrochenen Teil bei der Dezimalschreibweise. In Tabellen und Formularen kann es auch durch eine geeignete Beschriftung oder einen senkrechten Tabellenstrich ersetzt werden. Untereinander stehende Zahlenangaben gleicher Art sollen stellengerecht untereinander geschrieben werden (siehe Bemerkung zu Nr 10.2.4). Es ist zu beachten, daß im Amerikanischen der Punkt als Trennzeichen benutzt wird.

Bei Dezimalbrüchen mit einem Betrag zwischen Null und Eins steht eine Null vor dem Komma.

Zur Gliederung längerer Ziffernfolgen in Dreierblöcke (Blöcke zu je drei Ziffern) vom Komma aus, bei natürlichen Zahlen von rechts, können Zwischenräume verwendet werden, siehe Nr 3.1.1. Die Verwendung von Punkten zur Gliederung ist wegen der verschiedenen Verwendungen von Komma und Punkt im europäischen bzw. amerikanischen Bereich als Gliederungszeichen nicht zulässig. Ausnahme: Aus Sicherheitsgründen können insbesondere bei Geldbeträgen Leerstellen und

Zwischenräume, die aus technischen Gründen so breit wie wenigstens eine der Ziffern gewählt werden müßten, mit Füllzeichen oder Trennzeichen ausgefüllt werden, siehe Nr 3.1.2. Aus typografischen Gründen dürfen in Tabellen auch andere Blöcke zur Gliederung verwendet werden.

Zur Sprechweise der Dezimalschreibweise siehe Tabelle 2 Fußnote 1.

Tabelle 2.

Nr	Art der Schreibweise	Anwendung	Beispiel Schreibweise	Sprechweise 1)	Bemerkungen
3.1 Positive Zahlen					
3.1.1	Dezimalschreibweise a) abbrechender Dezimalbruch — ohne Dreierblock-gliederung — mit Dreierblock-gliederung b) natürliche Zahl		2091,0625 ferner 0,12 11 412,4347 2091	Zweitausendeinundneunzig Komma Null Sechs Zwei Fünf Null Komma Eins Zwei Elftausendvierhundertzwoßf Komma Vier Drei Vier Sieben Zweitausendeinundneunzig	Siehe Nr 9.1.2 und Nr 9.1.3 sowie Nr 10.1.10. Vor dem Komma steht mindestens eine Ziffer. Zur Dreierblockgliederung siehe auch den Text vor dieser Tabelle.
3.1.2	abbrechender Dezimalbruch mit Füllzeichen oder Trennzeichen zur Dreierblock-gliederung	Aus Sicherheitsgründen können insbesondere bei Geldbeträgen auf Zahlungsbelegen Leerstellen mit Füllzeichen oder einem Trennzeichen zwischen Dreierblöcken aufgefüllt werden.	****11. 412, 43 DM	Elftausendvierhundertzwoßf D-Mark (plus) Dreilundvierzig (Pfennige)	Das Füllzeichen sollte vom Minuszeichen verschieden sein. Als Trennzeichen kann in diesem Fall auch der Punkt verwendet werden.
1) Die Dezimalschreibweise wird wie folgt gelesen:					
— der ganzzahlige Teil (siehe Nr 10.1.1) mit seinem deutschen Namen nach Duden Band 4;					
— gegebenenfalls					
— das Komma mit „Komma“ vor Beginn des gebrochenen Teils (siehe Nr 10.1.12),					
— die Ziffern des gebrochenen Teils mit ihren deutschen Namen von links nach rechts,					
— die Periode vor ihrem Beginn mit „Periode“ und					
— die drei Punkte nach den dienstlichen Ziffern mit „usw.“.					
Beispiele:					
3,25 Drei Komma Zwei Fünf, nicht: Drei Komma Fünfundzwanzig					
4,317 Vier Komma Drei Periode Eins Sieben, nicht: Vier Komma Drei Periode Siebzehn					
3,141 ... Drei Komma Eins Vier Eins usw., nicht: Drei Komma Einhunderteinundvierzig					

Tabelle 2. (Fortsetzung)

Nr	Art der Schreibweise	Anwendung	Beispiel Schreibweise	Sprechweise ¹⁾	Bemerkungen																																							
3.1.3	Produkt mit Zehnerpotenz, auch teilweise normalisierte Gleitkommenschreibweise (im Tausendersystem)	Es sollten durch 3 teilbare Exponenten der Zehnerpotenz verwendet werden. Der erste Faktor soll zwischen 0,1 und 999,9 ... liegen. Bei gerundeten Zahlen ist die letzte angegebene Ziffer des ersten Faktors die Rundstelle. Der erste Faktor kann dann auch eine der Zahlen 0; 0,0; 0,00; 0,01; 0,02; ...; 0,09 sein.	100,78 · 10 ⁹ oder 0,100 78 · 10 ¹² ferner entweder 80 · 10 ⁶ oder 0,08 · 10 ⁹ auch 100,7 ... · 10 ⁹ oder 0,100 7 ... · 10 ¹²	Einhundert Komma Sieben Acht mal Zehn hoch Neun Null Komma Eins Null Null Sieben Acht mal Zehn hoch Zwölf Achtzig mal Zehn hoch Sechs Null Komma Null Acht mal Zehn hoch Neun Einhundert Komma Sieben usw. mal Zehn hoch Neun Null Komma Eins Null Null Sieben usw. mal Zehn hoch Zwölf	Siehe DIN 1302. Für die Angabe gerundeter Zahlen geeignet, siehe Abschnitt 4. Ob eine gerundete Zahl vorliegt, muß aus dem Zusammenhang eindeutig hervorgehen. Diese Beispiele unterscheiden sich durch die Lage der Rundstelle an der 7-ten bzw. 8-ten Stelle vor dem Komma. Geeignet für den Fall, daß voraussichtlich nur die ersten vier Ziffern von 100 780 000 000 dienlich sind, siehe Nr 3.1.7.																																							
3.1.4	Mit Zahlwort	Nur in Texten zulässig, in denen die Schreibweise als Produkt mit einer Zehnerpotenz unzumutbar ist	100,78 Mrd.	Einhundert Komma Sieben Acht Milliarden	Wegen der Verwechslungsgefahr zwischen den deutschen (europäischen) und amerikanischen Namen für große Zahlen sind nur die drei angegebenen Abkürzungen zulässig: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Zahl</th> <th colspan="2">Deutsch</th> <th colspan="2">Amerikanisch</th> </tr> <tr> <th>Name</th> <th>Abk.</th> <th>Name</th> <th>Name</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10³</td> <td>Tausend</td> <td></td> <td>Tsd.</td> <td>thousand</td> </tr> <tr> <td>10⁶</td> <td>Million</td> <td></td> <td>Mio.</td> <td>million</td> </tr> <tr> <td>10⁹</td> <td>Milliarde</td> <td></td> <td>Mrd.</td> <td>billion</td> </tr> <tr> <td>10¹²</td> <td>Billion</td> <td></td> <td>—</td> <td>trillion</td> </tr> <tr> <td>10¹⁵</td> <td>Billiarde</td> <td></td> <td>—</td> <td>quadrillion</td> </tr> <tr> <td>10¹⁸</td> <td>Trillion</td> <td></td> <td>—</td> <td>quintillion</td> </tr> </tbody> </table>	Zahl	Deutsch		Amerikanisch		Name	Abk.	Name	Name	10 ³	Tausend		Tsd.	thousand	10 ⁶	Million		Mio.	million	10 ⁹	Milliarde		Mrd.	billion	10 ¹²	Billion		—	trillion	10 ¹⁵	Billiarde		—	quadrillion	10 ¹⁸	Trillion		—	quintillion
Zahl	Deutsch		Amerikanisch																																									
	Name	Abk.	Name	Name																																								
10 ³	Tausend		Tsd.	thousand																																								
10 ⁶	Million		Mio.	million																																								
10 ⁹	Milliarde		Mrd.	billion																																								
10 ¹²	Billion		—	trillion																																								
10 ¹⁵	Billiarde		—	quadrillion																																								
10 ¹⁸	Trillion		—	quintillion																																								
3.1.5	Mit den Zahlentaktoren Prozent und Promille	Nach DIN 5477 nur zulässig bei der Angabe von Verhältnissen (d. h. Quotienten aus zwei Größen gleicher Dimension im Sinne von DIN 1313 einschließlich des Geldes)	9,25 % oder 92,5 ‰	Neun Komma Zwei Fünf Prozent (Hundertstel, nicht: vom oder von Hundert) Zweiundneunzig Komma Fünf Promille (Tausendstel, nicht: vom oder von Tausend)	Außer % und ‰ wird auch ppm (parts per million für 10 ⁻⁶) verwendet. Wegen des mißverständlichen ppb (parts per billion) sollte auch ppm nicht angewendet werden. Siehe Bemerkung zu Nr 3.1.4.																																							
<p>¹⁾ Siehe Seite 4</p>																																												

Tabelle 2. (Fortsetzung)

Nr	Art der Schreibweise	Anwendung	Beispiel Schreibweise	Sprechweise ¹⁾	Bemerkungen
3.1.6	Periodischer Dezimalbruch — ohne Dreierblock- gliederung — mit Dreierblock- gliederung		0,1216 8,642 857 1 oder z. B. 8,642 857 142	Null Komma Eins Periode Zwei Eins Sechs Acht Komma Sechs Periode Vier Zwei Acht Fünf Sieben Eins	Siehe Nr 9.1.4 und Bemerkung zu Nr 10.1.9. Beachte: $0,1216 = 9/74$. Auch 8,642 8 ... wenn voraus- sichtlich nur die ersten 4 Ziffern nach dem Komma dienlich sind.
3.1.7	Dezimalbruch mit den voraus- sichtlich dienlichen Ziffern mit oder ohne Dreierblock- gliederung	Für alle abbrechenden oder nicht periodischen unendlichen Dezimalbrüche, von denen nicht alle Ziffern nach dem Komma angegeben werden können oder sollen	3,141 5 ...	Drei Komma Eins Vier Eins Fünft usw.	Siehe Nr 9.2.1 Das Ersetzen von Stellen durch drei Punkte am Ende einer Zahl ist nach Weglassen von Ziffern, nicht nach vollzogener Rundung anwendbar. Beachte: $3,1415 \leq 3,1415 \dots < 3,1416$
3.1.8	Mit spezieller Konstante	Zulässig, wenn informativer als eine der Schreibweisen nach Nr 3.1.1 bis 3.1.7	2π e	Zwei Pi e	Siehe DIN 1302. In der Gleichung $l = 2\pi r$ ist die Angabe 2π infor- mativer als 6,28 ...
3.1.9	Quotient	Zulässig, wenn kürzer oder genauer als eine der Schreib- weisen in Nr 3.1.1 bis 3.1.7	$3/19$, $\frac{3}{19}$	Drei Neunzehntel	Siehe DIN 1302. Der Schräg- strich „/“ sollte nicht zur Gliede- rung mehrerer Zahlen- oder Größenangaben verwendet werden. Welche der drei Schreib- weisen zu bevorzugen ist, hängt vom Kontext ab: Die erste ist z. B. für Einzeildrucker, die letzte für Formeln geeignet.
3.1.10	Summe des ganzzahligen Teils und des gebrochenen Teils als Quotient	Zulässig wie in Nr 3.1.9, wenn der positive ganzzahlige Teil hervor- gehoben werden soll.	$8 + 3/19$	Acht plus Drei Neunzehntel	Siehe DIN 1302. Nicht: $8 \frac{3}{19}$, da $a \frac{b}{c} = \frac{a \cdot b}{c}$ „Gemischte Brüche“ sollten nur dann ohne Pluszeichen ge- schrieben werden, wenn keine Mißverständnisse zu befürchten sind, weil „3 1/4 l Wein“ 3,25 l oder 0,75 l Wein bedeuten können oder bei zu kleinem Zwischenraum als $31/4 \text{ l} = 7,75 \text{ l}$ gelesen werden kann.

¹⁾ Siehe Seite 4

Tabelle 2. (Fortsetzung)

Nr	Art der Schreibweise	Anwendung	Beispiel Schreibweise	Sprechweise ¹⁾	Bemerkungen
3.2 Negative Zahlen					
3.2.1	Mit Minuszeichen als Vorzeichen vor dem Betrag der negativen Zahl, im Fall von Nr 3.1.10 mit Klammern		-2091 ferner $-80 \cdot 10^{-9}$ aber $-(8 + 3/19)$	Minus Zweitausendeinundneunzig Minus Achtzig mal Zehn hoch minus Neun Minus Klammer auf Acht plus Drei Neunzehntel Klammer zu	Siehe DIN 1302. Positive Zahlen können von negativen Zahlen durch das Pluszeichen als Vorzeichen unterschieden werden: +2091. In Tabellen kann das Vorzeichen auch in einer Spalte geschrieben werden. Das Vorzeichen sollte nur in Ausnahmefällen hinter den Betrag gesetzt werden. Es sollten nicht Zeichen wie CR anstelle des Minuszeichens verwendet werden. Siehe Bemerkung zu Nr 10.2.4.
3.3 Doppelzeichen zur Angabe von Zahlen und Termen					
3.3.1	Zahl mit Plus-Minus-Vorzeichen	Z. B. zur Angabe der Lösungen von quadratischen Gleichungen	± 12	Plus minus Zwölf	Treten mehrere Plus-Minus- oder Minus-Plus-Zeichen in einem Term oder in einer Gleichung auf, so gehören alle oberen Zeichen zusammen und alle unteren. Z. B. $9 - (5 \pm 2) = 4 \mp 2$, also ist der zu den oberen Zeichen gehörende Wert jeder der beiden Seiten gleich 2 und der zu den unteren gehörende 6.
3.3.2	Plus-Minus-Summe		15 ± 3	Fünfzehn plus minus Drei	
3.3.3			$15 \begin{smallmatrix} - \\ + \end{smallmatrix} 3$	Fünfzehn oben minus Eins unten minus Drei	Siehe Abschnitt 5
¹⁾ Siehe Seite 4					

4 Runden

4.1 Rundeverfahren

Die hier beschriebenen Rundeverfahren bestehen aus drei Schritten:

- Festlegen der Rundestelle (siehe Abschnitt 4.2),
- Kommastellung (siehe Abschnitt 4.3), falls notwendig,
- Anwenden einer Runderegel (siehe Abschnitt 4.5),
 - Runden (zur nächsten gerundeten Zahl, siehe Abschnitt 4.5.1),
 - Abrunden (Runden in Richtung $-\infty$, siehe Abschnitt 4.5.2),
 - Aufrunden (Runden in Richtung ∞ , siehe Abschnitt 4.5.3),
 - Runden zur Null hin (Abrunden des Betrages, siehe 4.5.4) und
 - Runden von der Null weg (Aufrunden des Betrages, siehe 4.5.5).

4.2 Festlegen der Rundestelle

Die Rundestelle kann fest vereinbart werden (z. B. die dritte Stelle von links, Pfennig- oder D-Mark-Betrag bei Geldbeträgen), sich aus technischen Gründen ergeben (letzte Stelle der Ergebnisablage im Speicher einer Datenverarbeitungsanlage), oder es kann ein Verfahren zur Bestimmung der Rundestelle angewendet werden.

Für die Mitteilung von Meßergebnissen sollte ein Verfahren zur Berechnung der Rundestelle mit Hilfe der Unsicherheit nach Abschnitt 6 angewendet werden.

4.3 Kommastellung

Für Mitteilungen von Meß- und Rechenergebnissen in Wissenschaft und Technik, aber nicht für Versuchsprotokolle, Auswertungen und Berechnungen gilt folgende Regel:

Die nach Anwendung einer der Rundungsregeln wegzulassenden Ziffern sollen nicht durch Nullen (oder andere Ziffern) ersetzt werden. Deshalb darf das Komma nicht weiter rechts als unmittelbar rechts neben der Rundestelle stehen. Dazu ist nötigenfalls vor dem Runden das Komma um hinreichend viele Stellen nach links zu verschieben unter gleichzeitigem Multiplizieren mit der Zehnerpotenz, deren Exponent gleich der Anzahl der Verschiebestellen ist.

Beispiel:

zu rundende Zahl	857 941,3
Rundestelle	—
Kommaverschiebung	8 579,413 · 10 ²
oder	0,857 941 3 · 10 ⁶
oder	857,941 3 · 10 ³
gerundete Zahl	8 579 · 10 ²
oder	0,857 9 · 10 ⁶
oder	857,9 · 10 ³

4.4 Auswahl der Runderegeln

Als Runderegeln sollte angewendet werden:

- Runden nach Abschnitt 4.5.1, wenn positive und negative Rundabweichungen zulässig sind,
- Abrunden nach Abschnitt 4.5.2, wenn positive Rundabweichungen unzulässig sind und
- Aufrunden nach Abschnitt 4.5.3, wenn negative Rundabweichungen unzulässig sind.

Für Geldwert- und Kostenangaben sollte mit einer entsprechenden Fallunterscheidung eine Auswahl aus den 5 in Abschnitt 4.5 angegebenen Runderegeln vereinbart werden.

4.5 Runderegeln

4.5.1 Runden

Eine positive Zahl wird wie folgt gerundet: Zu ihr wird der halbe Stellenwert der Rundestelle addiert, und in dem Ergebnis werden die Ziffern hinter der Rundestelle weggelassen (siehe Anmerkung zu Abschnitt 4.5.1).

Eine negative Zahl wird wie folgt gerundet: Ihr Betrag wird gerundet, und vor den gerundeten Betrag wird das Minuszeichen gesetzt.

Beispiele:

zu rundender Betrag	8,579 413	8,579 613
Rundestelle	—	—
halber Rundestellenwert	0,000 5	0,000 5
Summe	8,579 913	8,580 113
gerundeter Betrag	8,579	8,580
zu rundender Betrag	1,15	1,25
Rundestelle	—	—
halber Rundestellenwert	0,05	0,05
Summe	1,20	1,30
gerundeter Betrag	1,2	1,3

Durch Runden wird daher

- die positive Zahl 8,579 413 zu 8,579 abgerundet,
- die negative Zahl -8,579 413 zu -8,579 aufgerundet,
- die positive Zahl 8,579 613 zu 8,580 aufgerundet,
- die negative Zahl -8,579 613 zu -8,580 abgerundet.

4.5.2 Abrunden

Eine positive Zahl wird wie folgt abgerundet: Die Ziffern hinter der Rundestelle werden ohne jegliche vorherige Addition weggelassen.

Eine negative Zahl mit von Null verschiedenen Ziffern hinter der Rundestelle wird wie folgt abgerundet: Zu ihrem Betrag wird der Stellenwert der Rundestelle addiert, und in dem Ergebnis werden die Ziffern hinter der Rundestelle weggelassen; vor den so gerundeten Betrag wird das Minuszeichen gesetzt. Andernfalls werden nur die Nullen hinter der Rundestelle weggelassen.

4.5.3 Aufrunden

Eine positive Zahl mit von Null verschiedenen Ziffern hinter der Rundestelle wird wie folgt aufgerundet: Zu ihr wird der Stellenwert der Rundestelle addiert, und in dem Ergebnis werden die Ziffern hinter der Rundestelle weggelassen. Andernfalls werden nur die Nullen hinter der Rundestelle weggelassen.

Eine negative Zahl wird wie folgt aufgerundet: Die Ziffern hinter der Rundestelle werden ohne jegliche vorherige Addition weggelassen.

4.5.4 Runden zur Null hin

Eine Zahl wird wie folgt zur Null hin gerundet: Die Ziffern hinter der Rundestelle werden weggelassen.

4.5.5 Runden von der Null weg

Eine Zahl mit von Null verschiedenen Ziffern hinter der Rundestelle wird wie folgt von der Null weg gerundet: Zu ihrem Betrag wird der Stellenwert der Rundestelle addiert, und in dem Ergebnis werden die Ziffern hinter der Rundestelle weggelassen. Andernfalls werden nur die Nullen hinter der Rundestelle weggelassen. Im Fall einer negativen Zahl wird dann vor dem so gerundeten Betrag das Minuszeichen gesetzt.

5 Vorgabewerte

(z. B. vorgegebene Merkmalswerte; Sollwerte, Grenzwerte, Toleranzen)

Die Angabe von Vorgaben (insbesondere von Sollwerten) ist nur vollständig mit Angaben zum Toleranzbereich.

5.1 Allgemeines

Vorgabewerte sind allgemein als genaue Werte, d. h. als richtige und präzise Werte, als Werte ohne Unsicherheit, aufzufassen.

Werden Vorgabewerte, insbesondere Grenzwerte und Toleranzen, willkürlich verändert, z. B. durch Runden nach Umrechnung, so dürfen diese Änderungen jeweils nur in solcher Richtung und mit solchen Beträgen vorgenommen werden, daß der durch die Vorgabe beabsichtigte Zweck nicht beeinträchtigt wird. So geänderte Vorgabewerte sind bei der weiteren Anwendung wieder als genaue Werte aufzufassen.

5.2 Sollwerte

Bei Sollwerten (zur Definition siehe DIN 55 350 Teil 12) darf aus der geschriebenen Stellenzahl alleine nicht auf die Grenzabweichungen (zulässigen Abweichungen) geschlossen werden. Die Angabe von Sollwerten ist nur vollständig mit Angaben über die Grenzabweichungen (siehe Abschnitte 5.3 und 5.4) oder anderen Angaben über einzuhaltende Grenzwerte.

5.3 Schreibweisen mit Angabe der Grenzabweichungen

Aus der Angabe eines Bezugswertes (Sollwert, Nennwert (zur Definition siehe DIN 55 350 Teil 12)) mit gleichzeitiger Angabe der Grenzabweichungen lassen sich die Grenzwerte bzw. der Toleranzbereich errechnen.

Die Grenzwerte sind der Höchstwert (höchstzulässiger Wert, oberer Grenzwert, Höchstmaß) und der Mindestwert (mindestzulässiger Wert, unterer Grenzwert, Mindestmaß). Sie geben die Grenzen des Toleranzbereiches an.

Der Toleranzbereich (Toleranzfeld) umfaßt als abgeschlossenes Intervall den Bereich aller zulässigen Istwerte.

Die Grenzabweichungen sind die obere Grenzabweichung und die untere Grenzabweichung, jeweils berechnet aus Grenzwert minus Bezugswert.

5.3.1 Beispiele ohne Einheiten

Beispiel für Beträge beider Grenzabweichungen (obere und untere) gleich (symmetrischer Toleranzbereich):

Angabe: $20 \pm 0,2$

Bedeutung:

Bezugswert $b = 20$
 Obere Grenzabweichung $o = 0,2$
 Untere Grenzabweichung $u = -0,2$
 Höchstwert $h = b + o = 20,2$
 Mindestwert $m = b + u = 19,8$
 Toleranz $t = h - m = o - u = 0,4$
 Toleranzbereich von 19,8 bis 20,2

Beispiel für Beträge beider Grenzabweichungen (obere und untere) ungleich (unsymmetrischer Toleranzbereich):

Angabe: $22^{+0,2}_{-0,3}$

Bedeutung:

Bezugswert $b = 22$
 Obere Grenzabweichung $o = 0,2$
 Untere Grenzabweichung $u = -0,3$
 Höchstwert $h = b + o = 22,2$
 Mindestwert $m = b + u = 21,7$
 Toleranz $t = h - m = o - u = 0,5$
 Toleranzbereich von 21,7 bis 22,2

Sonderfall 1 zum vorangehenden Beispiel: Eine der beiden Grenzabweichungen gleich Null (einseitig anliegender Toleranzbereich)

Angabe: $18^{+0,3}_0$

Bedeutung:

Bezugswert $b = 18$
 Obere Grenzabweichung $o = 0,3$
 Untere Grenzabweichung $u = 0$
 Höchstwert $h = b + o = 18,3$
 Mindestwert $m = b + u = 18$
 Toleranz $t = h - m = o - u = 0,3$
 Toleranzbereich von 18 bis 18,3

Sonderfall 2 zum vorangehenden Beispiel: Beide Grenzabweichungen haben gleiche Vorzeichen (einseitig abliegender Toleranzbereich)

Angabe: $24^{+0,2}_{+0,5}$

Bedeutung:

Bezugswert $b = 24$
 Obere Grenzabweichung $o = 0,5$
 Untere Grenzabweichung $u = 0,2$
 Höchstwert $h = b + o = 24,5$
 Mindestwert $m = b + u = 24,2$
 Toleranz $t = h - m = o - u = 0,3$
 Toleranzbereich von 24,2 bis 24,5

5.3.2 Beispiele für richtige und falsche Schreibweisen bei Größenwerten (mit Einheiten)

Schreibweise	Bewertung	Bemerkung
$(24 \pm 0,3)\text{mm}$	richtig	Toleranzbereich von 23,7 mm bis 24,3 mm
$16\text{ g }^{+0,2}_{-0,1}$	richtig	Toleranzbereich von 15,9 g bis 16,2 g
$500\text{ g }^{+100}_0\text{mg}$	richtig	Toleranzbereich von 500 g bis 500,1 g
$17\text{ kg} \pm 0,05$	falsch	Einheit für die Grenzabweichungen fehlt
$19 \pm 0,1\text{ mm}$	falsch	Einheit für den Bezugswert fehlt

5.4 Schreibweisen mit Angabe der relativen Grenzabweichungen

Relative Grenzabweichungen sind auf den Bezugswert (Sollwert, Nennwert) bezogene Grenzabweichungen, sie werden häufig in Prozent oder Promille angegeben.

Beispiel für Angabe der Einheit beim Bezugswert

Angabe: $220\text{ V} \cdot (1^{+10}_{-15}\%)$
 Bezugswert (Sollwert, Nennwert) $b = 220\text{ V}$
 Höchstwert $h = 220\text{ V} \cdot (1 + 10/100) = 242\text{ V}$
 Mindestwert $m = 220\text{ V} \cdot (1 - 15/100) = 187\text{ V}$
 Toleranzbereich von 187 V bis 242 V

Beispiel für Angabe der Einheit bei der Grenzabweichung

Angabe: $15 \cdot (1 \pm 2\%) \text{ mm}$
 Bedeutung:
 Bezugswert $b = 15\text{ mm}$
 Höchstwert $h = 15\text{ mm} \cdot (1 + 2/100) = 15,3\text{ mm}$
 Mindestwert $m = 15\text{ mm} \cdot (1 - 2/100) = 14,7\text{ mm}$
 Toleranzbereich von 14,7 mm bis 15,3 mm

Beispiel für Angabe ohne „Addition zu 1“

Angabe: $380\text{ V} \pm 10\%$
 Beabsichtigte Bedeutung:
 Toleranzbereich von 342 V bis 418 V

Diese Art der Angabe ist üblich, aber mathematisch nicht korrekt. Eine Addition (Subtraktion) von 10% (nach DIN 5477 gleichzusetzen mit 0,1) zu dem mit der Einheit V behafteten Wert führt zu keinem sinnvollen Ergebnis. Da diese Schreibweise aber kürzer und kaum mißverständlich ist, kann sie meist toleriert werden.

6 Ergebniswerte mit Unsicherheit

Die Angabe von Ergebnissen (insbesondere Meßergebnissen) ist nur vollständig mit Angaben zur Ergebnisunsicherheit u (siehe DIN 55350 Teil 13), im folgenden kurz Unsicherheit genannt.

Die Unsicherheit u ist immer ein Abweichungsbetrag vom Bezugswert aus, er ist kein Abweichungsbereich beiderseits des Bezugswertes.

Diese Unsicherheit wird aus einer kritischen Untersuchung ihrer Ursachen quantitativ geschätzt. Im Falle von Messungen physikalischer Größen wird hinsichtlich dieser Schätzung auf DIN 1319 Teil 3 und Teil 4 verwiesen.

Die Unsicherheit u bestimmt diejenige Stelle einer als dezimal vielziffrig gewonnenen Ergebniszahl, an der diese gerundet werden muß, um nicht eine kleinere Unsicherheit als die wirklich vorhandene vorzutauschen.

Nach dem Verwendungszweck der Ergebniszahl wird anschließend darüber entschieden, ob die Zahl u (gegebenfalls mit dem ihrer Berechnung zugrunde gelegten Vertrauensniveau) zusätzlich explizit angegeben wird, oder ob dies als nicht nötig erachtet wird. Die entsprechenden Schreibweisen werden in den Abschnitten 6.2 und 6.3 geregelt.

6.1 Ermittlung der Rundestelle in der Ergebniszahl bei bekannter Unsicherheit u

Es sollte die Ergebniszahl nach Abschnitt 4.5.1 gerundet und die bekannte Unsicherheit u nach Abschnitt 4.5.3 aufgerundet werden, und zwar beide an der Stelle, die sich nach folgender Regel ergibt:

Von links beginnend ist zunächst die Stelle der ersten von 0 verschiedenen Ziffer der Unsicherheit u zu wählen, wenn diese eine der Ziffern 3 bis 9 ist (linkes Beispiel unten), und sonst, wenn diese die Ziffer 1 oder 2 ist, die Stelle rechts daneben (rechtes Beispiel unten). Zur Kontrolle ist zu beachten, daß der Stellenwert (siehe Nr. 10.1.5) dieser so ermittelten Stelle größer als $u/30$ ist, aber nicht größer als $u/3$ (Begründung siehe Anmerkung zu Abschnitt 6.1).

Soll die Ergebniszahl zusammen mit der Unsicherheit angegeben werden (siehe Abschnitt 6.2), so ist als Rundestelle die vorläufig gewählte Stelle zu nehmen oder für Angaben mit geringerer Unsicherheit die Stelle rechts daneben. Soll oder kann die Ergebniszahl ohne Angabe der Unsicherheit mitgeteilt werden (siehe Abschnitt 6.3), so ist als Rundestelle eine der Stellen links neben der vorläufig gewählten Stelle

festzulegen. Hierdurch wird die Unsicherheit vergrößert (siehe Anmerkung zu Abschnitt 6.3).

Nach erfolgter Festlegung der Rundestelle hat weder die Unsicherheit u , noch das gegebenenfalls zugehörige Vertrauensniveau (siehe DIN 1319 Teil 3) einen weiteren Einfluß auf das danach durchzuführende Runden bzw. Aufrunden.

Beispiel:

gewonnene Ergebniszahl	8,579 617	8,579 617	8,579 617
Unsicherheit u	0,003 83	0,001 83	0,001 632
Stellenwert $\leq u/3$	0,001		0,000 1
Rundestelle			
gerundete Ergebniszahl	8,580	8,579 6	8,579 6
aufgerundete Unsicherheit	0,004	0,001 7	0,001 7

für Angaben mit geringerer Unsicherheit:

Rundestelle			
gerundete Ergebniszahl	8,579 6	8,579 62	8,579 62
aufgerundete Unsicherheit	0,003 9	0,001 64	0,001 64

6.2 Schreibweisen mit Angabe der Unsicherheit u

Um die gewonnene Information umfassend mitzuteilen, ist zusätzlich zur Ergebniszahl auch ihre Unsicherheit u anzugeben. Wurde die Unsicherheit zu einem vorgegebenen Vertrauensniveau ermittelt, so ist auch dieses mitzuteilen (siehe DIN 1319 Teil 3).

6.2.1 Üblicherweise werden die gerundete Ergebniszahl und ihre aufgerundete Unsicherheit unmittelbar hintereinander geschrieben mit nur dem Zeichen \pm dazwischen. Demnach sind in den Beispielen von Abschnitt 6.1 die Ergebnisse zu schreiben:

8,580 \pm 0,004	8,5796 \pm 0,0017
-------------------	---------------------

für Angaben mit geringerer Unsicherheit:

8,5796 \pm 0,0039	8,579 62 \pm 0,001 64
---------------------	-------------------------

Das Ergebnis 8,5796 \pm 0,0039 kann insbesondere in Tabellen auch folgendermaßen angegeben werden: 8,5796(39).

6.2.2 Bei tabellarischer Angabe mehrerer Ergebniszahlen mit derselben Unsicherheit u genügt die einmalige Angabe dieser Unsicherheit u , z.B. bei der Angabe der Ergebniszahlen in einer Tabellenspalte oder -zeile die einmalige Angabe von u in derselben Spalte bzw. Zeile.

6.2.3 Statt der Unsicherheit u kann auch die relative Unsicherheit u_r angegeben werden; das ist das Verhältnis

von Unsicherheit u durch Ergebniszahl. u_r ist wie u aufzurunden an der ersten von 0 verschiedenen Ziffer, falls diese eine der Ziffern 3 bis 9 ist, anderenfalls an der Stelle rechts daneben.

Statt $\pm u$ nach Abschnitt 6.2.1 kann also hinter die Ergebniszahl auch der Faktor $(1 \pm u_r)$ geschrieben werden, also in den Beispielen des Abschnittes 6.2.1

statt	8,580 \pm 0,004	8,5796 \pm 0,0017
mit	$u_r = 0,0005$	$u_r = 0,000 20$
auch	8,580 $(1 \pm 0,0005)$	8,5796 $(1 \pm 0,000 20)$
oder	8,580 $(1 \pm 0,5 \text{‰})$	8,5796 $(1 \pm 0,20 \text{‰})$

Die Klammersetzung ist unerlässlich zur Unterscheidung beider Schreibweisen.

6.3 Schreibweisen ohne Angabe der Unsicherheit

6.3.1 Wird die Ergebniszahl um nur eine Stelle weiter links als nach Abschnitt 6.1 gerundet, also an derjenigen Stelle, deren Stellenwert größer als $u/3$, aber nicht größer als $10 u/3$ ist, so wird hierdurch die Unsicherheit vergrößert auf ungefähr den 3fachen Rundstellenwert. Hierauf ist aufmerksam zu machen, indem die letzte Ziffer der Ergebniszahl tief gestellt oder in kleinerem Schrittgrad gedruckt wird. Vorher ist nötigenfalls das Komma so weit nach links zu verschieben (siehe Abschnitt 4.3), daß die Rundestelle zu mindestens zweiten Stelle hinter dem Komma wird. In dieser Schreibweise lauten die Ergebnisse der Beispiele des Abschnittes 6.1:

8,58	8,580
oder	8,58

6.3.2 Wird noch weiter links als nach Abschnitt 6.3.1 gerundet, also an einer Stelle, deren Stellenwert größer als $10 u/3$ ist, so wird die Unsicherheit noch weiter vergrößert auf mehr als die Hälfte, aber weniger als das 0,6fache des Stellenwertes der nun gewählten Rundestelle (siehe Anmerkung zu Abschnitt 6.3). In dieser Schreibweise lauten die Ergebnisse der Beispiele des Abschnittes 6.1:

8,6	8,58
-----	------

6.3.3 Zahlenangaben zu Ergebnissen ohne Angabe der Unsicherheit u sind also unsicher um den 3fachen Stellenwert ihrer letzten Ziffer, falls diese tief gesetzt oder klein geschrieben ist; sie sind unsicher um den 0,6fachen Stellenwert ihrer letzten Ziffer, falls diese normal geschrieben ist.

Tabelle 3.

Nr	Basis	Name des Zahlensystems ¹⁾	Name der Zahlen-schreibweise	Ziffern ²⁾	Bemerkungen
8.1	10	Zehnersystem, Dezimalsystem, decimal system	Dezimal-schreibweise	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	siehe Nr 10.1.10
8.2	2	Zweiersystem, Duatsystem, dual system	Dual-schreibweise	0 1	Früher auch Großbuchstaben O und L. Das Duatsystem ist ein spezielles Binärsystem, binary system. Nach DIN 44 300 Teil 2/11.88 Nr 2.1.2 bezeichnet „binär“ die Eigenschaft, jeweils einen von zwei Werten oder Zuständen annehmen zu können.
8.3	8	Achtersystem, Oktalsystem, octal system	Oktal-schreibweise	0 1 2 3 4 5 6 7	Entsprechend für alle Basen b mit $2 < b < 10$
8.4	16	Sechzehnersystem, Sedezimalsystem, sedecimalsystem	Sedezimal-schreibweise	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F	Entsprechend für alle Basen b mit $10 < b < 16$. Der Name Hexadezimalsystem, hexadecimal system, sollte nicht verwendet werden.
8.5	60	Sechzigersystem, Sexagesimalsystem	Sexagesimal-schreibweise	00 01 ... 09 10 11 ... 19 ... 50 51 59	Beispiel: 60\$ 10 03 = 603. Es werden auch die Ziffern in Dezimalschreibweise geschrieben und durch Trennzeichen, z.B. Klammern, voneinander getrennt, z.B. 60\$(10)(03) = 603.
8.6	1000	Tausendersystem		000 001 ... 009 010 011 ... 019 ... 990 991 999	

¹⁾ Die Namen beziehen sich nicht nur auf die Zahlenschreibweisen zur Basis b , sondern auf jede Darstellung von Zahlen, für die die Basis b wesentlich ist, also insbesondere auf alle in der Bemerkung zu Nr 10.1.6 genannten Stellenwertdarstellungen und im Falle des Zehnersystems auch auf die Sprechweise unserer Zahlen (wenn von elf und zwölf abgesehen wird und der Tatsache, daß die Zahlworte in den europäischen Sprachen als Zahlworte eines Tausendersystems interpretiert werden können).

²⁾ Die mehrstelligen Ziffern z.B. des Sechziger- und des Tausendersystems werden mit führenden Nullen geschrieben, damit jede Ziffer die gleiche Anzahl von Schreibstellen einnimmt.

7 Konventionell richtiger Wert

Zur Definition des (konventionell) richtigen Wertes siehe DIN 55350 Teil 13.

Soll die Zahlenangabe eines Wertes mit endlich vielen Stellen als genau gekennzeichnet werden, so wird ihre letzte Ziffer halbfett gedruckt oder, in Hand- oder Maschi-nenschrift, unterstrichen. Diese Kennzeichnung sollte besonders für konventionell festgelegte Werte mit mehr als einer Stelle angewendet werden.

Beispiele:

Temperatur des Tripelpunktes des Wassers:
273,16 K = 273,16 K

Lichtgeschwindigkeit:

$$299,792\,458 \cdot 10^6 \text{ m/s} = 299,792\,458 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Seemeile: 1 sm = 1,852 km = 1,852 km

8 Namen und Ziffern für

Zahlenschreibweisen zur Basis b

Neben dem in den vorigen Abschnitten verwendeten Zeh-nersystem gibt es noch andere Stellenwertsysteme zur Darstellung von Zahlen, von denen einige auch prak-tische Bedeutung (z.B. in der Informatik und Numerik) haben. An die Stelle der Basiszahl 10 tritt dann als Basis eine andere natürliche Zahl b , die größer als 1 sein muß. In diesem Abschnitt werden Symbole für die jeweils benötigten Ziffern festgelegt. Die Zahlenschreibweise ist wieder eine Folge dieser Ziffern (siehe Abschnitte 9 und 10), wobei das Komma den ganzzahligen Teil vom gebro-chenen Teil trennt. Zur Markierung der Basis b steht b \$ am Anfang der Zahlenschreibweise.

Die Ziffern 0 und 1 sollen sich vom Großbuchstaben O bzw. Kleinbuchstaben l deutlich unterscheiden.

9 Zahlenschreibweisen zur Basis b mit Ziffern

Zur Schreibweise der Ziffern $c_i \in \{0, 1, \dots, b-1\}$ siehe Abschnitt 8. Das Präfix $b\$$ wird beim Zehnersystem weggelassen.

Vom Präfix $b\$$ kann b weggelassen werden, wenn nur eine Basis $b \neq 10$ verwendet wird und diese aus dem Zusammenhang bekannt ist. In der Literatur wird $\$$ anstelle von $16\$$ zur Kennzeichnung des Sechzehnersystems benutzt.

Bei negativen Zahlen wird vor die hier angegebene Schreibweise des Betrages das Minuszeichen gesetzt, z. B. $-(16\$ 82B) = -2091$.

Die Zahlenschreibweise im b -System für $b \neq 10$ wird wie folgt gelesen:
 — zu Beginn oder am Ende der Name des b -Systems,
 — die Ziffern von links nach rechts mit ihren deutschen Ziffer-, Buchstaben- oder Zahlennamen,

— gegebenenfalls wie im Zehnersystem das Komma, die Periode vor ihrem Beginn mit „Periode“ und die drei Punkte nach den drittlichen Ziffern mit „usw“.

Beispiele:

16\$ 5A im Sechzehnersystem Fünf A

60\$ 34 51,03 45 im Sechzigersystem Vierunddreißig Einundfünfzig Komma Drei Fünftundvierzig

Tabelle 4.

Nr	Zeichen	Art der Zahl	Bedingungen	Wert	Beispiel ¹⁾
9.1 Vollständige Angabe					
9.1.1	c_0	einziffrig		c_0	$2\$ 1100$ $= 8\$ 14$ $= C = 16\$ C$ $= 12 = 60\$ 12$ $= 12$
9.1.2	$b\$ c_n \dots c_0$	natürlich	$c_n > 0, n > 0$	$c_n b^n + c_{n-1} b^{n-1} + \dots + c_0$	$2\$ 100\ 000\ 101\ 011$ $= 8\$ 4053$ $= 16\$ 82B$ $= 60\$ 34\ 51$ $= 2091$
9.1.3	$b\$ c_n \dots c_0, c_{-1} \dots c_{-k}$	abbrechend	$c_n > 0$, wenn $n > 0$	$c_n b^n + \dots + c_0 +$ $c_{-1} b^{-1} + \dots + c_{-k} b^{-k}$	$2\$ 1000\ 0010\ 1011,0001$ $= 8\$ 4053,04$ $= 16\$ 82B,1$ $= 60\$ 34\ 51,03\ 45$ $= 2091,0625$
9.1.4	$b\$ c_n \dots c_0, c_{-1} \dots c_{-m} \overline{c_{-m-1} \dots c_{-k}}$	periodisch	$c_n > 0$, wenn $n > 0$, $c_{-m} \neq c_{-k}$ Das „Wort“ $c_{-m-1} \dots c_{-k}$ (Periode genannt) läßt sich nicht in zwei oder mehrere gleiche „Teilworte“ zerlegen; das „Wort“ $c_{-1} \dots c_{-m}$ kann leer sein (rein periodischer Fall im Gegensatz zum gemischtperiodischen).	$b\$ c_n \dots c_0, c_{-1} \dots c_{-m} +$ $b\$ c_{-m-1} \dots c_{-k} \cdot b^{-m} /$ (b^{k-m-1})	$2\$ 11,000\overline{1001}\ 1101\ 1$ $= 8\$ 3,023\overline{54}$ $= 16\$ 3,09\overline{D8}$ $= 60\$ 03,02\overline{18\ 27\ 41\ 32}$ $= 3,03846\overline{15} = 79/26$ $2\$ 0,000\overline{11}$ $= 8\$ 0,146\overline{3}$ $= 16\$ 0,3$ $= 60\$ 00,12$ $= 0,2$

1) Siehe auch Beispiele am Ende von Abschnitt 10.

Tabelle 4. (Fortsetzung)

Nr	Zeichen	Art der Zahl	Bedingungen	Wert	Beispiel ¹⁾
9.2 Angabe der dienlichen Ziffern					
9.2.1	$b\$c_n \dots c_0, c_{-1} \dots$	positiv reell, aber nicht natürlich	$c_n > 0$, wenn $n > 0$	$\sum_{i=-\infty}^n c_i b^i$	$\pi = 2\$ 11,0010 0100 \dots$ $= 8\$ 3,110 \dots$ $= 16\$ 3,24 \dots$ $= 60\$ 03,08 29 \dots$ $= 3,141 5 \dots$
9.2.2	$b\$c_n \dots c_0, c_{-1} \dots c_{-m} \overline{c_{-m-1} c_{-m-2} \dots}$	periodisch	siehe Nr 9.1.4		$2\$ 11,0000 1 \dots$ $= 8\$ 3,023 \dots$ $= 16\$ 3,09D \dots$ $= 60\$ 03,02 18 27 \dots$ $= 3,038 4 \dots$

1) Siehe auch Beispiele am Ende von Abschnitt 10.

10 Mathematische Definitionen

Tabelle 5.

Nr	Benennung	Definition	Bemerkungen
10.1 Allgemeine Stellenwertdarstellungen zur Basis b			
10.1.1	Zahlsymbol	Eine Anordnung von Zeichen zur Darstellung einer Zahl.	Ein und dieselbe Zahl kann durch verschiedene Zahlsymbole dargestellt werden. Die Zahl, die „Elf“ genannt wird, kann dargestellt werden z. B. durch die Zahlsymbole 11, 2\$ 1011, B, elf.
10.1.2	Zahlenwert (eines Zahlsymbols)	Die durch das Zahlsymbol dargestellte Zahl.	Ein Zahlsymbol kann aus einem einzigen Zeichen bestehen.
10.1.3	Basis, auch: Grundzahl	In dieser Norm speziell: Diejenige natürliche Zahl b mit $b > 1$, deren Potenzen als Stellenwerte der Zahlenschreibweise zur Basis b benutzt werden.	Allgemein: Nach DIN 1302/08.80, Anmerkung zu Nr 12.3 wird von der Basis x der Potenzfunktion $z \mapsto x^z$ gesprochen.
10.1.4	Ziffern des b -Systems	Zeichen für die Zahlen $0, 1, \dots, b - 1$.	Für die Ziffern siehe Abschnitt 8.
10.1.5	Stellenwerte (des b -Systems)	Die wie folgt angeordneten Potenzen der Basis b : $\dots, b^4, b^3, b^2, b^1, b^0, b^{-1}, b^{-2}, \dots$	Andere Angaben der Stellenwerte des Zehnersystems: $\dots, 10\,000; 1000; 100; 10; 1; 0,1; 0,01; \dots$ $\dots, Z, T, H, Z, E, z, h, \dots$ mit großen Anfangsbuchstaben für die Zahlwörter der natürlichen Zahlen und mit kleinen für die der Brüche.

Tabelle 5. (Fortsetzung)

Nr	Benennung	Definition	Bemerkungen
10.1.6	Stellenwertdarstellung zur Basis b	<p>Eine Darstellung der Zahl $v \cdot (c_n b^n + c_{n-1} b^{n-1} + \dots)$, aus der die folgenden drei Daten ersichtlich sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> v gibt das Vorzeichen an und hat die Werte -1 oder $+1$. n ist eine ganze Zahl, die die Stellung des Kommas zur Ziffer c_n angibt, siehe Nr 10.1.8. (c_n, c_{n-1}, \dots) ist eine endliche oder unendliche mit fallenden Indizes indizierte Folge von Zifferwerten c_i mit $c_i \in \{0, 1, \dots, b-1\}$ 	<p>Bei Verwendung einer Stellenafel besteht die Stellenwertdarstellung bei gegebenem v d. h. bei gegebenem Vorzeichen, aus den Einträgen c_n, c_{n-1}, \dots in der Stellenafel (hier $n > 0$):</p> $b^{n+1} \quad b^n \quad \dots \quad b^0 \quad | \quad b^{-1} \quad \dots$ $c_n \quad \dots \quad c_0 \quad | \quad c_{-1} \quad \dots$ <p>Stellenwertdarstellungen durch Zahlsymbole siehe Beispiele unten.</p> <p>Name Zahlenschrift zur Basis b Nr 10.1.8 Dezimalschriftweise 10.1.10 Produkt mit Basispotenz 10.1.13 Festkommenschreibweise 10.2.4 Gleitkommenschreibweise 10.2.5</p> <p>Für die interne Zahlendarstellung in Computern siehe z. B. DIN 44 300 Teil 2.</p>
10.1.7	Stellenwertsystem zur Basis b	<p>Die Zuordnung, die den drei Daten aus Nr 10.1.6 die reelle Zahl $v \cdot (c_n b^n + c_{n-1} b^{n-1} + \dots)$ zuordnet.</p>	
10.1.8	Zahlenschriftweise zur Basis b	<p>Stellenwertdarstellung einer reellen Zahl zur Basis b mit $n \geq 0$ und mit der folgenden Schreibweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Ziffernfolge (c_n, c_{n-1}, \dots) wird mit Ziffern des b-Systems von links nach rechts geschrieben. Die Anzahl n der Stellen vor dem Komma werden mit Hilfe des Kommas nach der den ganzzahligen Teil beschreibenden Teilfolge (c_n, \dots, c_0) angegeben, falls noch weitere Ziffern c_{-1}, \dots folgen, und sonst nicht. Der Faktor v wird im Fall $v = -1$ mit Hilfe des Minuszeichens am Anfang des Zahlensymbols und im Fall $v = +1$ entweder nicht oder ebenso mit Hilfe des Pluszeichens dargestellt. <p>Im Fall $b \neq 10$</p> <ul style="list-style-type: none"> steht vor der Ziffernfolge die im Dezimalsystem geschriebene Basis, die von der Ziffernfolge durch das Dollarzeichen \$ getrennt wird und sind bei Angabe eines Vorzeichens runde Klammern um den Teil des Zahlensymbols gesetzt, der aus der Basis b, dem Dollarzeichen \$ und der Ziffernfolge mit oder ohne Komma besteht. 	<p>Hierunter fallen u. a.: Die eindeutige Zahlenschriftweise in Nr 10.1.9, die Schreibweise benutzter Zahlen in Abschnitt 4, die Festkommenschreibweise in Nr 10.2.4, gelegentlich benutzte Schreibweisen wie $0,29 = 0,299\ 99 \dots$ und $0,30 = 0,300\ 00 \dots$ anstelle von $0,3$.</p> <p>$c_i b^i$ ist der Wert der „Ziffer“ c_i, die an</p> <ul style="list-style-type: none"> der $(i+1)$ten Stelle vor dem Komma steht, wenn $i \geq 0$, und der $(-i)$ten Stelle nach dem Komma steht, wenn $i < 0$.

Tabelle 5. (Fortsetzung)

Nr	Benennung	Definition	Bemerkungen
10.1.9	eindeutige Zahlenschreibweise zur Basis b	<p>Zahlenschreibweise zur Basis b mit folgenden Eigenschaften:</p> <p>a) $c_n > 0$ für $n > 0$, d.h. die erste hingschriebene Ziffer ist von 0 verschieden, wenn der ganzzahlige Teil mehr als eine Stelle besitzt.</p> <p>b) Wenn die Ziffernfolge endlich ist und k Stellen nach dem Komma hat, $k > 0$, so ist $c_{-k} > 0$, d.h. die letzte hingschriebene Ziffer hinter dem Komma ist von 0 verschieden.</p> <p>c) Wenn die Ziffernfolge unendlich ist, so gibt es zu jedem i ein $j \geq i$ mit $c_j < b^{-1}$ und ein $l \geq j$ mit $c_l > 0$.</p> <p>d) Im Fall $v = +1$ wird kein Vorzeichen gesetzt.</p>	<p>Für eine systematische Zusammenstellung der Schreibweisen verschiedener Zahlenarten siehe Abschnitte 3 und 9. Auch die Angabe periodischer b-Systembrüche nach Nr 9.1.4 gehört zur Zahlenschreibweise zur Basis b. Es wird lediglich durch die Angabe der Periode eine unendliche Folge von Ziffern mit endlich vielen Ziffern geschrieben. Im Gegensatz zu Bedingung $n > 0$ wird in der amerikanischen Literatur auch .5 anstelle von 0,5 verwendet. Die zulässige Festkommenschreibweise 0,30 ist keine empfohlene Dezimalschreibweise für $3/10 = 0,3$ auf Grund von Bedingung b), ferner werden die Schreibweisen 0,29 und 0,30 durch die Bedingung c) ausgeschlossen.</p>
10.1.10	Dezimalschreibweise	Zahlenschreibweise zur Basis 10.	<p>Für eine systematische Zusammenstellung der Schreibweisen verschiedener Zahlenarten siehe Abschnitt 3. Auch die Angabe periodischer Dezimalbrüche nach Nr 3.1.6 gehört zur Dezimalschreibweise.</p> <p>Unter der Dezimalschreibweise wird oft auch die eindeutige Zahlenschreibweise zur Basis 10 verstanden.</p>
10.1.11	ganzzahliger Teil (einer Zahl)	An der Einerstelle zur Null hin gerundete Zahl.	Zum Runden zur Null hin siehe Abschnitt 4.5.4. Der ganzzahlige Teil eines Zahlsymbols der eindeutigen Zahlenschreibweise zur Basis b besteht im wesentlichen aus dem Vorzeichen und den Ziffern vor dem Komma, der gebrochene Teil aus dem Vorzeichen und den Ziffern nach dem Komma.
10.1.12	gebrochener Teil (einer Zahl)	Zahl minus ganzzahliger Teil.	
10.1.13	Produkt mit Basispotenz	Stellenwertdarstellung zur Basis b einer reellen Zahl als Produkt $x \cdot b^y$, wobei x die Zahlenschreibweise zur Basis b der reellen Zahl mal b^{-y} ist und y eine ganze Zahl bedeutet.	Für $b = 10$ nach Nr 3.1.3 Produkt mit Zehnerpotenz genannt.
10.1.14	Stelle	In einer Anordnung von Zeichen der Platz, den ein Zeichen einnimmt oder einnehmen soll.	Anordnungen von Zeichen können eindimensional (Folgen von Zeichen), aber auch mehrdimensional sein. Bei Folgen von Zeichen ist insbesondere die Stelle einer Ziffer für die Zahlendarstellung von Bedeutung. (aus: DIN 44300 T2/11.88 Nr 2.1.22)
10.1.15	Schreibstelle	Stelle, an der ein Schriftzeichen steht oder stehen soll.	Oft auch nur Stelle. Bei Zahlenschreibweisen kommen als Schriftzeichen u. a. in Frage: die Ziffern 0 bis 9, die Vorzeichen, das Komma, das Leerzeichen als Gliederungszeichenraum usw.

Tabelle 5. (Fortsetzung)

Nr	Benennung	Definition	Bemerkungen
10.1.16	Dezimalstelle, Dualstelle	Stelle an der eine Ziffer des Zehner-(Zweier-)systems steht oder stehen soll mit Ausnahme der etwaigen Angabe der Basis.	<p>Oft auch nur Stelle. Zur Feststellung der Lage von mit Ziffern besetzten Stellen von Stellenwertdarstellungen zur Basis b sollen folgende Schreibstellen nicht mitgezählt werden: Zwischenräume, Sonderzeichen (insbesondere das Komma) und die Stellen, die der zweite Faktor bei der Schreibweise als Produkt mit einer Basispotenz nach Nr 10.1.13 und Nr 3.1.3 einnimmt und die die etwaige Angabe einer Basis b benötigt. Die Lage einer Stelle kann u. a. beschrieben werden</p> <ul style="list-style-type: none"> — beim ganzzahligen Teil z. B. durch <ul style="list-style-type: none"> — die dritte Stelle vor dem Komma oder bei ganzen Zahlen durch die dritte Stelle von hinten, — die Stelle mit dem Stellenwert 100, — die Hunderterstelle, — beim gebrochenen Teil z. B. durch <ul style="list-style-type: none"> — die dritte Stelle nach dem Komma, — die Stelle mit dem Stellenwert 0,001, — die Tausendstelstelle und — allgemein z. B. durch <ul style="list-style-type: none"> — die dritte signifikante Stelle von vorn. <p>Nicht anwendbar ist der Begriff der Dezimalstelle auf die Zahlenangaben in Nr 3.1.9 und Nr 3.1.10, bei denen das Zehnersystem nur teilweise benutzt wird. Die Ziffern des Sechszigersystems nehmen zwei Schreibstellen ein, gegebenenfalls zuzüglich einer Schreibstelle für das Leerzeichen, das als Gliederungswischenraum benutzt wird, und die Ziffern des Tausendersystems entsprechend drei bzw. vier Schreibstellen.</p>
10.2 Begriffe zu gerundeten Zahlen und vorgegebenen Formaten			
10.2.1	Rundestelle	Die Stelle eines Zahlsymbols des Zehner-(b -)Systems, an der nach dem Runden die letzte Ziffer stehen soll.	Bei Mitteilungen von Meß- und Rechenergebnissen sollen bei Zahlenangaben gerundeter Zahlen hinter der Rundestelle keine Nullen stehen. Der Stellenwert der Rundestelle heißt Rundestellenwert.
10.2.2	signifikante Stellen	Für gerundete oder zu rundende Zahlen: Alle Stellen eines Zahlsymbols des Zehner-(b -)Systems von der ersten von Null verschiedenen Stelle von vorn bis zur Rundestelle	Früher: informationshaltige Stellen (siehe Anmerkung zu Abschnitt 6.1)
10.2.3	Rundeabweichung	Gerundete Zahl minus zu rundende Zahl	Die Rundeabweichung kann positiv oder Null oder negativ sein. Ihr Betrag ist beim Runden nach Abschnitt 4.5.1 kleiner als 5/9 des Stellenwertes der Rundestelle. Siehe Anmerkung 4 zu Abschnitt 4.5.1. Früher Rundefehler.

Tabelle 5. (Fortsetzung)

Nr	Benennung	Definition	Bemerkungen																					
10.2.4	Festkommaschreibweise (mit k Stellen nach dem Komma und mindestens m Stellen vor dem Komma, $m > 0$ und $k \geq 0$)	Folgende Schreibweise einer dazu an der k -ten Stelle nach dem Komma zu rundenden reellen Zahl: Wenn die Dezimalschreibweise weniger als m Ziffern vor dem Komma hat: Die Dezimalschreibweise mit so vielen zusätzlichen Leerzeichen unmittelbar vor den Ziffern, daß insgesamt m Ziffern und Leerzeichen vor dem Komma erscheinen (wobei durch Leerzeichen dargestellte Zwischenräume nicht mitgezählt werden), andernfalls die unveränderte Dezimalschreibweise.	Diese Definition gibt das hier Wesentliche der „Festpunkt-Darstellung“ der Programmiersprache Pascal wieder, siehe DIN 66256. Für $m = 1$ ist die Festkommaschreibweise mit der Dezimalschreibweise von an der Stelle k nach dem Komma gerundeten Zahlen identisch. Die Festkommaschreibweise zur Basis b ist entsprechend definiert. Die Festkommaschreibweise kann auch zum Auffüllen mit Nullen führen. Zur Gestaltung von Tabellen siehe DIN 55301. <table border="1" data-bbox="406 453 678 1139"> <thead> <tr> <th>zu rundende reelle Zahl</th> <th>Festkommaschreibweise empfohlen¹⁾</th> <th>zulässig</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>867 365,483</td> <td>+867 365,48</td> <td>867 365,48 +</td> </tr> <tr> <td>20 000</td> <td>+ 20 000,00</td> <td>20 000,00 +</td> </tr> <tr> <td>-6,937</td> <td>- 6,94</td> <td>6,94 -</td> </tr> <tr> <td>1 234,5</td> <td>+ 1 234,50</td> <td>1 234,50 +</td> </tr> <tr> <td>π</td> <td>+ 3,14</td> <td>3,14 +</td> </tr> <tr> <td>4π</td> <td>+ 12,57</td> <td>12,57 +</td> </tr> </tbody> </table>	zu rundende reelle Zahl	Festkommaschreibweise empfohlen ¹⁾	zulässig	867 365,483	+867 365,48	867 365,48 +	20 000	+ 20 000,00	20 000,00 +	-6,937	- 6,94	6,94 -	1 234,5	+ 1 234,50	1 234,50 +	π	+ 3,14	3,14 +	4π	+ 12,57	12,57 +
zu rundende reelle Zahl	Festkommaschreibweise empfohlen ¹⁾	zulässig																						
867 365,483	+867 365,48	867 365,48 +																						
20 000	+ 20 000,00	20 000,00 +																						
-6,937	- 6,94	6,94 -																						
1 234,5	+ 1 234,50	1 234,50 +																						
π	+ 3,14	3,14 +																						
4π	+ 12,57	12,57 +																						
10.2.5	(normalisierte) Gleitkommaschreibweise zur Basis b	Produkt mit Basispotenz einer dazu auf $k + 1$ signifikante Stellen zu rundenden reellen Zahl als Zahlenpaar $(x; y)$: $x \cdot b^y$ ist die gerundete reelle Zahl, x ist eine Festkommaschreibweise zur Basis b mit genau einer Stelle vor dem Komma und k Stellen nach dem Komma. y ist eine ganze Zahl.	Diese Definition gibt das Wesentliche wieder von — der Definition der „Gleitpunkt-Darstellung“ im Zehnersystem der Programmiersprache Pascal, siehe DIN 66256, (Fall $b = 10$) und — dem Begriff „Duale Gleitpunkt-Zahl“ in IEC 559 : 1989 für den Fall $b = 2$, wobei im Mikroprozessor-System besser von „Darstellung“ anstelle von „Schreibweise“ gesprochen wird. In der Informatik wird x die Mantisse (jetzt in en: significand, siehe IEC 559 : 1989) und y der Exponent der Gleitkommaschreibweise genannt.																					
<p>¹⁾ Die Pluszeichen dienen hier zur Verdeutlichung der Leerzeichen unmittelbar vor den Ziffern.</p>																								

Die folgenden Beispiele dienen u. a. zur Erläuterung der Zeichen und Begriffe

Zahlenschreibweise zur Basis b in Nr 10.1.8, Stellenfabel in Nr 10.1.6,
 Produkt mit Basispotenz in Nr 10.1.13,
 Festkommaschreibweise zur Basis b in Nr 10.2.4,
 Gleitkommaschreibweise zur Basis b in Nr 10.2.5 und drei Daten in Nr 10.1.6

Für die verwendeten Zahlenbeispiele gilt:

$$\begin{aligned}
 -2\ 091,0625 &= -(16\$ 82B,1) \\
 &= -(16\$ 0,82B1) \cdot 16^3 \\
 &= -(16\$ 82B,100) \\
 &> -(16\$ 8,3) \cdot 16^2.
 \end{aligned}$$

Beispiel: Eindeutige Zahlenschreibweise zur Basis 16 (Sedezimalschreibweise nach Nr 8.4)

$$-(16\$ 82B,1)$$

mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 0$ und
 $(0, 8, 2, 11, 1).$

Beispiel: Produkt mit Basispotenz
 $-(16\$ 0,82B1) \cdot 16^3$
 mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 0$ und
 $(0, 8, 2, 11, 1).$

mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 2$ und
 $(8, 3).$

mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 5$ und
 $(0, 0, 0, 8, 2, 11, 1, 0, 0)$ mit $k = 3.$

Beispiel: Gleitkommaschreibweise zur Basis 16 mit 2 signifikanten Stellen
 $-(16\$ 8,3) \cdot 16^2$
 mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 2$ und
 $(8, 3).$

Beispiel: Festkommaschreibweise zur Basis 16 mit mindestens $m = 6$ Stellen vor dem Komma und $k = 3$ Stellen nach dem Komma
 $-(16\$ 82B,100)$
 mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 5$ und
 $(0, 0, 0, 8, 2, 11, 1, 0, 0)$ mit $k = 3.$

Beispiel: Gleitkommaschreibweise zur Basis 16 mit 2 signifikanten Stellen
 $-(16\$ 8,3) \cdot 16^2$
 mit den drei Daten
 $v = -1,$
 $m = 2$ und
 $(8, 3).$

Anmerkungen
Zu Abschnitt 4.5.1

Anmerkung 1: Derselbe gerundete Betrag ergibt sich, falls rechts neben der Rundestelle eine der Ziffern 0 bis 4 steht, durch Abrunden wird nach Abschnitt 4.5.2, falls dagegen dort eine der Ziffern 5 bis 9 steht, durch Aufrunden nach Abschnitt 4.5.3.

Beispiele:

zu rundernder Betrag	8,579 413	8,579 613
Rundestelle	|	|
Rundeverfahren	Abrunden	Aufrunden
gerundeter Betrag	8,579	8,580

Dieses Verfahren kann nicht auf Zahlenschreibweisen zur Basis b mit nicht durch 2 teilbaren b verallgemeinert werden, während das in Abschnitt 4.5.1 angegebene Verfahren basisunabhängig ist. Ein weiterer Nachteil des vorstehenden Verfahrens ist, eine Untersuchung zu erfordern, welche Ziffer hinter der Rundestelle steht, weil erst sie das anzuwendende Verfahren (nach Abschnitt 4.5.2 oder nach Abschnitt 4.5.3) bestimmt. Trotzdem wird es im handschriftlichen Rechnen vielfach bevorzugt, weil dabei sein Nachteil weniger als im maschinellen Rechnen fühlbar ist und weil es früher als einziges auf den Schulen gelehrt wurde.

Anmerkung 2: Nicht mehr verwendet werden sollte die Abwandlung des vorstehenden Verfahrens durch die sogenannte Gerade-Zahl-Regel, weil sie nur in seltenen Fällen einen Nutzen bringt. Sie betrifft nur solche zu rundenden Zahlen, in denen rechts neben der Rundestelle eine genaue 5 steht (das ist nur eine 5 oder eine 5 mit nur Nullen dahinter). Die Gerade-Zahl-Regel verlangt, daß solche Zahlen teils abgerundet (nach Abschnitt 4.5.2), teils aufgerundet (nach Abschnitt 4.5.3) werden sollen, derart, daß die letzte Ziffer der gerundeten Zahl eine gerade (0 oder 2 oder 4 oder 6 oder 8) wird. Als Nutzen der Gerade-Zahl-Regel ist angesehen worden, daß sie gleichhäufiges Ab- wie Aufrunden bewirke. Hiergegen ist einzuwenden:

- a) Die erstrebte Gleichhäufigkeit wird nur dann erreicht, wenn die statistische Verteilung der zu rundenden Zahlen gleichmäßig oder mindestens symmetrisch zur genauen 5 ist.
- b) Die also nur bedingt erreichbare Gleichhäufigkeit hat einen Nutzen lediglich dann, wenn viele gerundete Zahlen summiert werden. Vor

einer beabsichtigten Summierung zu runden, ist aber meistens vermeidbar. Wo es doch unvermeidbar ist, kann die Summe aus den ohne Anwendung der Gerade-Zahl-Regel gerundeten Zahlen korrigiert werden durch einen Subtrahenden, der unter der unter a) genannten Bedingung berechenbar ist.

Anmerkung 3: DIN IEC 559 legt jedoch fest, duale Gleitkommazahlen, die nicht in die Ergebnisaufgabe eines Computers passen, im Sinne der obigen Gerade-Zahl-Regel zu runden, d.h. zur Endziffer 0.

Anmerkung 4: Nach einmaligem Runden ist der Betrag der Rundabweichung höchstens gleich dem halben Rundestellenwert. Wird aber eine Zahl mehrmals gerundet mit schrittweise nach links schreitenden Rundestellen, so kann die gesamte Rundabweichung (das ist die Differenz: gerundete Zahl nach dem letzten Runden minus zu rundende Zahl vor dem ersten Runden) etwas größer sein.

Beispiel:

zu rundende Zahl	3,45
Rundestelle	|
gerundete Zahl	3,5
neue Rundestelle	|
nochmals gerundete Zahl	4
gesamte Rundabweichung	0,55 \approx 5/9

Zu Abschnitt 6

Der Ergebniszahl m mit der Unsicherheit u wird ein Intervall $[m - u, m + u]$ zugeordnet. Der üblichen Angabe $8,580 \pm 0,004$ (Beispiel im Abschnitt 6.1) entspricht die mathematische Formulierung $8,576 \leq x \leq 8,584$ oder $x \in [8,576; 8,584]$, wobei gegebenenfalls das zur Bestimmung von u gewählte Vertrauensniveau hinzuzufügen ist.

Zu Abschnitt 6.1

Durch die Regel zum Bestimmen der Rundestelle unsicherer Ergebniszahlen sollen zwei Forderungen erfüllt werden: weder signifikante Stellen durch Runden merklich zu fälschen oder sogar zu verlieren, noch fast informationsleere, sogenannte nichtsignifikante Stellen anzugeben.

Um nachzuweisen, daß die im Abschnitt 6.1 festgelegte Regel das leistet, sei bezeichnet: mit m die Ergebniszahl

vor dem Runden, mit u ihre Unsicherheit, mit k eine durch die Regel festzulegende, kriteriumbildende Zahl, mit s der Stellenwert der Rundestelle, mit m_r die gerundete Ergebniszahl, mit r der Betrag der Rundabweichung $|m_r - m|$. Es ist nach einmaligem Runden stets $r \leq s/2$ (siehe Anmerkung 4 zu Abschnitt 4.5.1).

Es sollte die Rundestelle der Ergebniszahl aus der Unsicherheit u bestimmt werden. Daß zu jedem Wert u sich genau eine Rundestelle ergibt, wird am einfachsten dadurch erreicht, daß dem Stellenwert s der Rundestelle eine Ungleichung der Form $u/(10k) < s \leq u/k$ vorgeschrieben wird. Hierdurch wird die Rundabweichung $r \leq u/(2k)$.

Würde für k eine kleinere Zahl als 1 festgelegt, so könnte es wegen $u/k > u$ vorkommen, daß auch $s > u, r > u/2$ wäre und folglich die gerundete Zahl m_r nahe an einer der Grenzen oder sogar außerhalb des Unsicherheitsbereiches $m \pm u$ läge. Um das zu vermeiden, muß $k > 1$ festgelegt werden.

Damit ist auch die oft gestellte Forderung $u < s/2$ ausgeschlossen, da sie den viel zu kleinen Wert $k = 1/20$ bedingen würde. Welchen Informationsverlust die Anwendung dieser Regel, die fordert, der halbe Stellenwert der Rundestelle dürfe nicht kleiner sein als die Unsicherheit u , bewirken würde, zeigt folgendes Beispiel: Der Zeiger eines Meßinstrumentes stehe wenig unter der Mitte zwischen den Skalenstrichen 22 und 23. Hieraus ist ersichtlich, daß der Zahlenwert m der Meßgröße zwischen 22,3 und 22,5 liegt. Nach der genannten Regel darf dieses Meßergebnis nicht mit $m = 22,4$ mitgeteilt werden, da darin die Unsicherheit $u = 0,1$ größer ist als der halbe Stellenwert der Rundestelle ($s/2 = 0,05$); es muß also $m = 22$ geschrieben werden. Diese Schreibweise aber teilt dem Leser nur mit, daß m zwischen 21,5 und 22,5 liegt und verschweigt die Information $m \geq 22,3$.

Wird andererseits für k eine größere Zahl als 5 festgelegt, so kann es wegen $u/(10k) < u/50$ vorkommen, daß auch $s < u/50$ und somit die Rundestelle fast informationsleer wäre; denn wenn in diesem Falle um eine Stelle weiter links gerundet würde, so wäre die hierdurch vergrößerte Rundabweichung trotz seiner Vergrößerung noch kleiner als $5s < u/10 \ll u$.

Aus den beiden vorstehenden Absätzen folgt, daß, um gegen keine der beiden am Anfang dieser Anmerkung aufgestellten Forderungen zu verstoßen, für k eine Zahl zwischen 1 und 5 festgelegt werden muß. Zwecks besserer Anwendung ist eine ganze Zahl vorteilhaft, also 2 oder 3 oder 4.

Von diesen drei Zahlen ist die mittlere, die 3, als die beste erachtet und deshalb im Abschnitt 6.1 für k festgelegt worden. Dadurch wird die Rundeabweichung auf $r \leq u/6$ beschränkt.

Zu den Abschnitten 6.2.1 und 6.2.3

Auf die Unsicherheit ist nicht Abschnitt 4.5.1 (Runden), sondern Abschnitt 4.5.3 (Aufrunden) anzuwenden, weil eine negative Rundeabweichung eine kleinere Unsicherheit als die wirklich erreichte vortauschen würde.

Zu Abschnitt 6.3

Die vergrößerte Unsicherheit setzt sich aus zwei verschiedenen Beiträgen zusammen. Infolge der Ungleichung $s > u/30$ kann die Unsicherheit u einer nach Abschnitt 6.1 gerundeten Ergebniszahl das nahezu 30fache des Stellenwertes derer letzter Stelle sein. Dieser obere Grenzwert muß statt des Wertes u eingesetzt werden, wenn dieser, entgegen der Festlegung nach Abschnitt 6.2 nicht mitgeteilt wird. Er ist gleich dem 3fachen Stellenwert der vorletzten, dem 0,3fachen Stellenwert der drittletzten Stelle usw. Eine dieser Stellen wird beim Verfahren nach Abschnitt 6.3.1 oder Abschnitt 6.3.2 zur Rundestelle. Der zweite Beitrag zur vergrößerten Unsicherheit ist der Höchstwert der Rundeabweichung, also der halbe Rundestellenwert. Die aus beiden Beiträgen resultierende Unsicherheit kann nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechnet werden. Sie ist gleich dem 3,04...fachen Rundestellenwert für eine nach Abschnitt 6.3.1 gerundete Ergebniszahl, gleich dem 0,58...fachen Rundestellenwert für eine um eine Stelle weiter nach links gerundete Ergebniszahl, gleich dem 0,50...fachen Rundestellenwert für eine noch weiter links gerundete Ergebniszahl.

Infolgedessen bedeutet:

die Angabe „ $x = 8,56$ “

die Ungleichung $8,55 \leq x \leq 8,61$ und

die Angabe „ $x = 8,6$ “

die Ungleichung $8,54 \leq x \leq 8,66$.

Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 1301 Teil 2	Einheiten; Allgemein angewendete Teile und Vielfache
DIN 1302	Allgemeine mathematische Zeichen und Begriffe
DIN 1313	Physikalische Größen und Gleichungen; Begriffe, Schreibweisen
DIN 1315	Winkel; Begriffe, Einheiten
DIN 1319 Teil 3	Grundbegriffe der Meßtechnik; Begriffe für die Meßunsicherheit und für die Beurteilung von Meßgeräten und Meßeinrichtungen
DIN 1319 Teil 4	Grundbegriffe der Meßtechnik; Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen
DIN 1338	Formelschreibweise und Formelsatz
DIN 1355 Teil 1	Zeit; Kalender, Wochennumerierung, Tagesdatum, Uhrzeit
DIN 5008	Regeln für Maschinenschreiben
DIN 5477	Prozent, Promille; Begriffe, Anwendung
DIN 44 300 Teil 2	Informationsverarbeitung; Begriffe; Informationsdarstellung
DIN 55 301	Gestaltung statistischer Tabellen
DIN 55 350 Teil 12	Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik; Merkmalsbezogene Begriffe
DIN 55 350 Teil 13	Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik; Begriffe zur Genauigkeit von Ermittlungsverfahren und Ermittlungsergebnissen
DIN 66 256	Informationsverarbeitung; Programmiersprache Pascal
DIN IEC 559	Binäre Gleitpunkt-Arithmetik für Mikroprozessor-Systeme; (IEC 559 : 1989), Deutsche Fassung HD 592 S1 : 1991
IEC 559 : 1989	Binary floating-point arithmetic for microprocessor systems
ISO 31/0 : 1981	General principles concerning quantities, units and symbols
ISO 8601 : 1988	Data elements and interchange formats - Information interchange - Representation of dates and times
Dähler, K. und Sommer, M.: Pascal; Einführung in die Sprache. DIN-Norm 66 256. Erläuterungen. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 2. Auflage 1985	
ANSI/IEEE Standard 754-1985 for Binary Floating Point Arithmetic. IEEE Computer Society. Los Alamito. CA 1985	
Oechsle, D.: Toleranzangaben — Aufnahme in DIN 1333 - DIN-Mitteilungen 65 (1986) 363-367	

Frühere Ausgaben

DIN 1333: 12.54, 05.58

DIN 1333 Teil 1: 02.72

DIN 1333 Teil 2: 02.72

Änderungen

Gegenüber DIN 1333 T 1/02.72 und DIN 1333 T 2/02.72 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

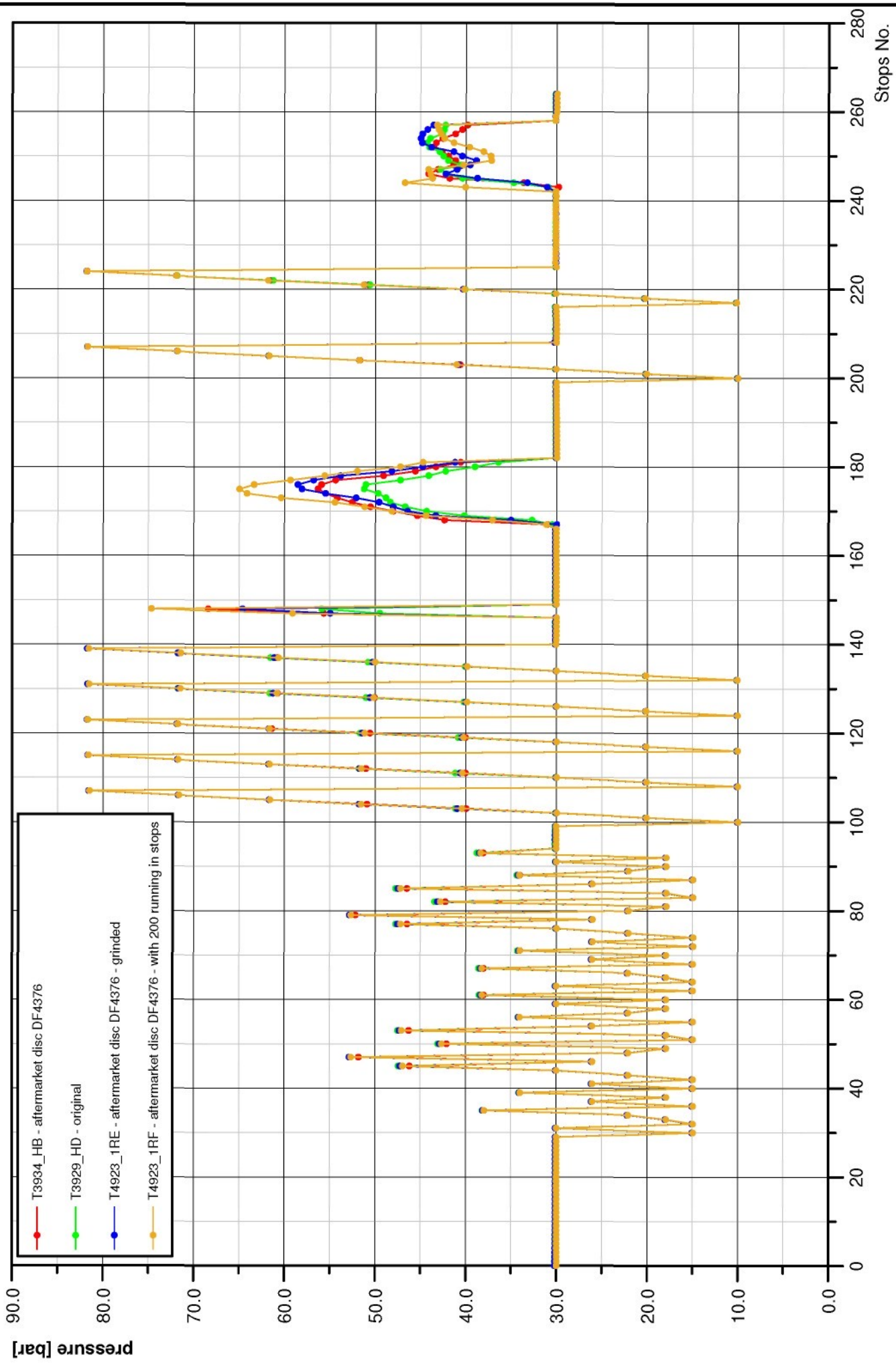
- Zusammenlegung von DIN 1333 Teil 1 und Teil 2.
- Erweiterung des Anwendungsbereichs auf alle Bereiche mit Ausnahme der internen Zahlendarstellung von Computern.
- Aufnahme von Festlegungen über Vorgabewerte.
- Aufnahme der Dualschreibweise usw.
- Aufnahme von Begriffsdefinitionen.
- Inhalt redaktionell überarbeitet.

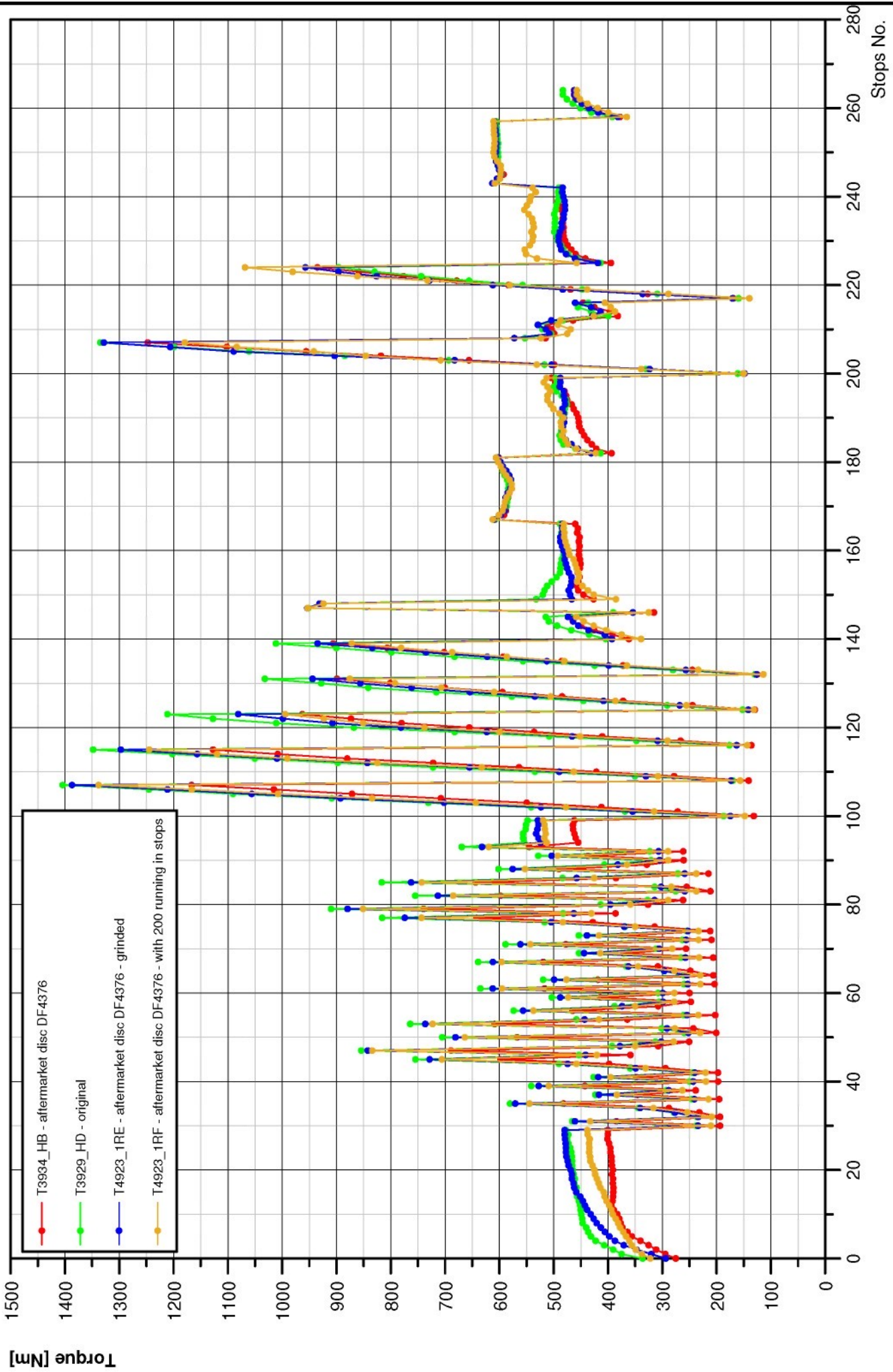
Stichwortverzeichnis

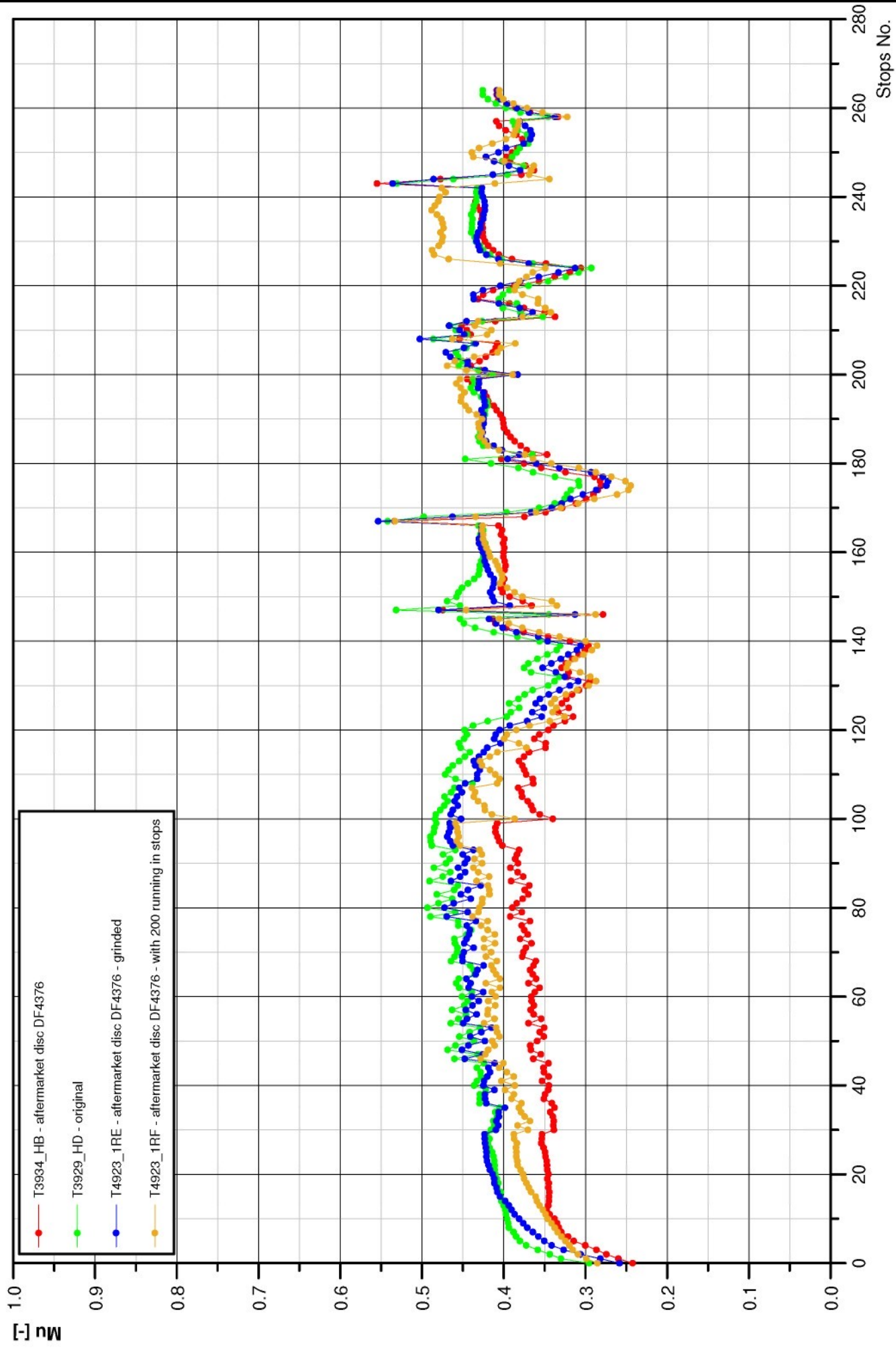
- abbrechend 9.1.3
 abrunden 4.1, 4.5.2
 aufrunden 4.1, 4.5.3
Basis 10.1.3
 Basispotenz 10.1.13
 Bezugswert 5.4
 Block 3
Dezimalbruch 3
 Dezimalbruch, abbrechender 3.1.1, 3.1.2, 9.1.3
 Dezimalbruch, mit den dienlichen Ziffern 3.1.7, 9.2
 Dezimalbruch, periodischer 3.1.6, 9.1.4, 9.2.2
 Dezimalschreibweise 3.1.1, 8.1, 10.1.10
 Dezimalstelle 10.1.16
 Dezimalsystem 8.1
 dienliche Ziffern 3.1.3, 3.1.6, 3.1.7, 9.2
 Doppelzeichen 3.3
 Dreierblockgliederung 3, 3.1.1, 3.1.2, 3.1.6
 Dualschreibweise 8.2
 Dualstelle 10.1.16
 Dualsystem 8.2
einzigffrig 9.1.1
 Ergebniswert 6
 Exponent 10.2.5
Festkommadarstellung 10.2.4
 Festkommamaschreibweise 10.2.4
 Format 10.2
 Füllzeichen 3, 3.1.2
ganzahliger Teil 10.1.11
 gebrochener Teil 10.1.12
 gemischte Brüche 3.1.10
 Gerade-Zahl-Regel Anmerkung 2 und 3 zu 4.5.1
 gerundete Zahlen 3.1.3, 4, 10.2
 Gleitkommadarstellung 10.2.5
 Gleitkommamaschreibweise 3.1.3, 10.2.5
 Gleitkommazahl Anmerkung 3 zu 4.5.1
 Gliederung 3
 Grenzabweichungen 5.3
 Grenzabweichungen, relative 5.4
 Grenzwert 5, 5.1, 5.2, 5.3
 Grundzahl 10.1.3
Komma 3
 Konstante 3.1.8
 konventionell richtiger Wert 7
 Leerstelle 3, 3.1.2
 Leerzeichen 10.2.4
Mantisse 10.2.5
 Minus-Plus-Zeichen 3.3.1, 3.3.2
 Minuszeichen 3.2.1
 natürliche Zahl 3.1.1, 9.1.2
 negative Zahlen 3.2
 Nennwert 5.4
 Null, führende Tabelle 3 Fußnote 2
Periode 3.1.6, 9.1.4, 9.2.2, 10.1.9
 periodischer Dezimalbruch 3.1.6, 9.1.4, 9.2.2
 Plus-Minus-Summe 3.3.2
 Plus-Minus-Vorzeichen 3.3.1
 Plus-Minus-Zeichen 3.3.1
 positiv reell 9.2.1
 positive Zahlen 3.1
 Produkt mit Basispotenz 10.1.13
 Produkt mit Zehnerpotenz 3.1.3, 10.1.13
 Promille 3.1.5, 5.4
 Prozent 3.1.5, 5.4
 Punkt 3
Quotient 3.1.9, 3.1.10
 relative Grenzabweichungen 5.4
 Rundeabweichung 10.2.3
 Rundefehler 10.2.3
 Runden 4, 4.5.1
 Runden von der Null weg 4.5.5
 Runden zur Null hin 4.5.4
 Runden, Ab- 4.5.2
 Runden, Auf- 4.5.3
 Runderregel 4.4, 4.5
 Rundestelle 4.2, 6.1, 10.2.1
 Rundestellenwert 10.2.1
 Rundeverfahren 4.1
Schreibstelle 10.1.15
 significant 10.2.5
 signifikante Stelle 10.2.2
 Sollwert 5.2
 Sprechweise Tabelle 2 Fußnote 1
 Stelle 10.1.14, 10.1.15, 10.1.16
 Stelle nach dem Komma 10.1.16
 Stelle von hinten 10.1.16
 Stelle vor dem Komma 10.1.16
 stellengerecht 3
 Stellenafel 10.1.6
 Stellenwert 10.1.5
 Stellenwertdarstellung 10.1.6
 Stellenwertsystem 10.1.7
Toleranzbereich 5
 Toleranzen 5, 5.1
 Trennzeichen 3, 3.1.2
Unsicherheit 5.1, 6
Vorgabewert 5, 5.1
 Vorzeichen 3.2.1, 3.3.1, 10.1.6, 10.1.8
Wert, konventionell richtiger 7
 Wort 9.1.4
Zahl, natürliche 3.1.1
 Zahl, negative 3.2
 Zahl, positive 3.1
 Zahlenfaktoren % und ‰ 3.1.5
 Zahlenschreibweise zur Basis *b* 8, 10.1.8, 10.1.9
 Zahlenwert 10.1.2
 Zahlsymbol 10.1.1
 Zahlensystem 8
 Zahlwort 3.1.4
 Zehnerpotenz 3.1.3
 Zehnersystem 8
 Zeichen 10.1.1
 Ziffer des *b*-Systems 10.1.4, 8
 Ziffer mit führender Null Tabelle 3 Fußnote 2
 Ziffern, dienliche 3.1.7, 3.1.3, 3.1.6, 9.2
 Zwischenraum 3, 10.1.16

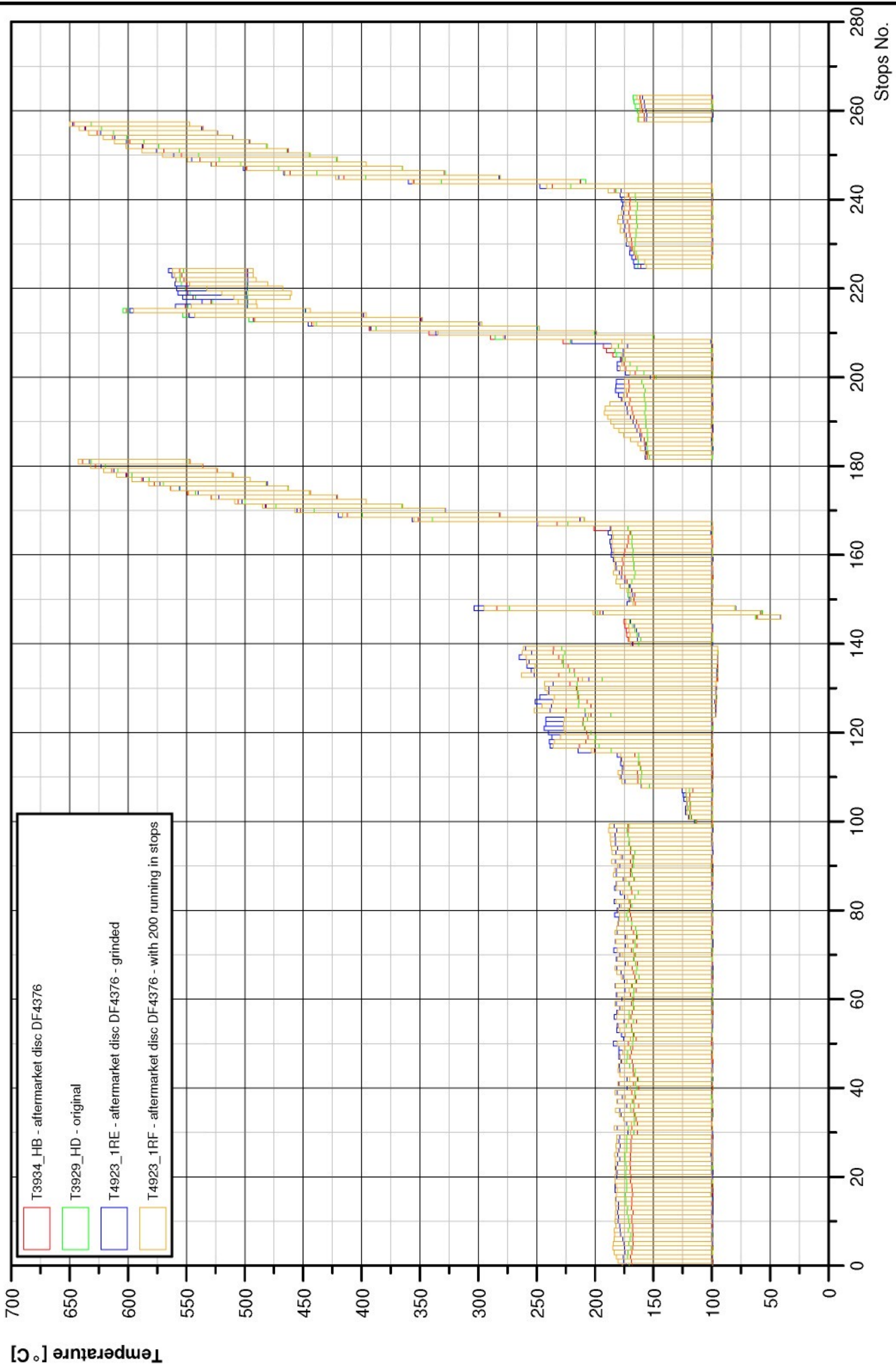
Internationale Patentklassifikation

B 41 J 3/00 G 06 F 15/21









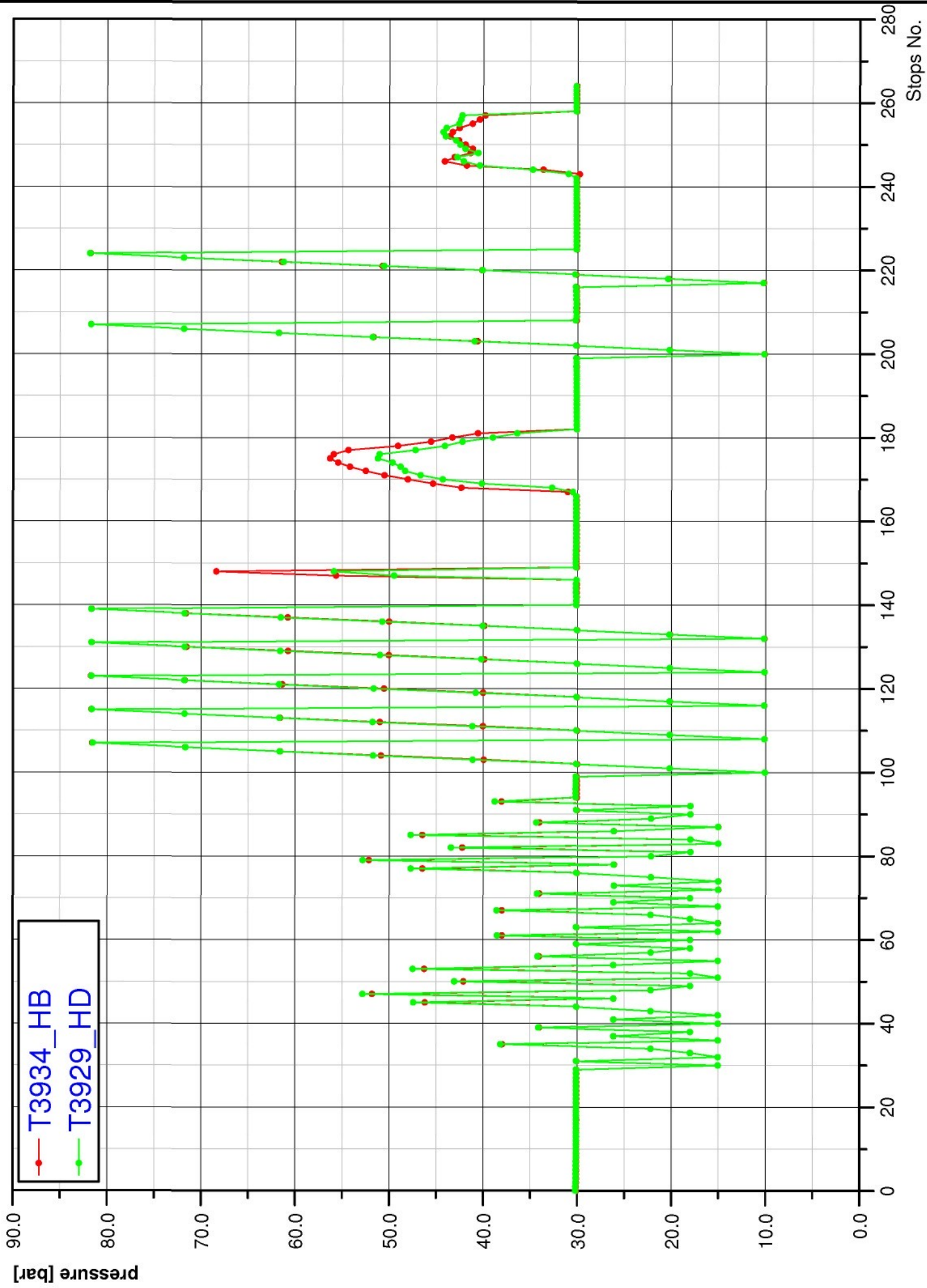
Temperature [°C]

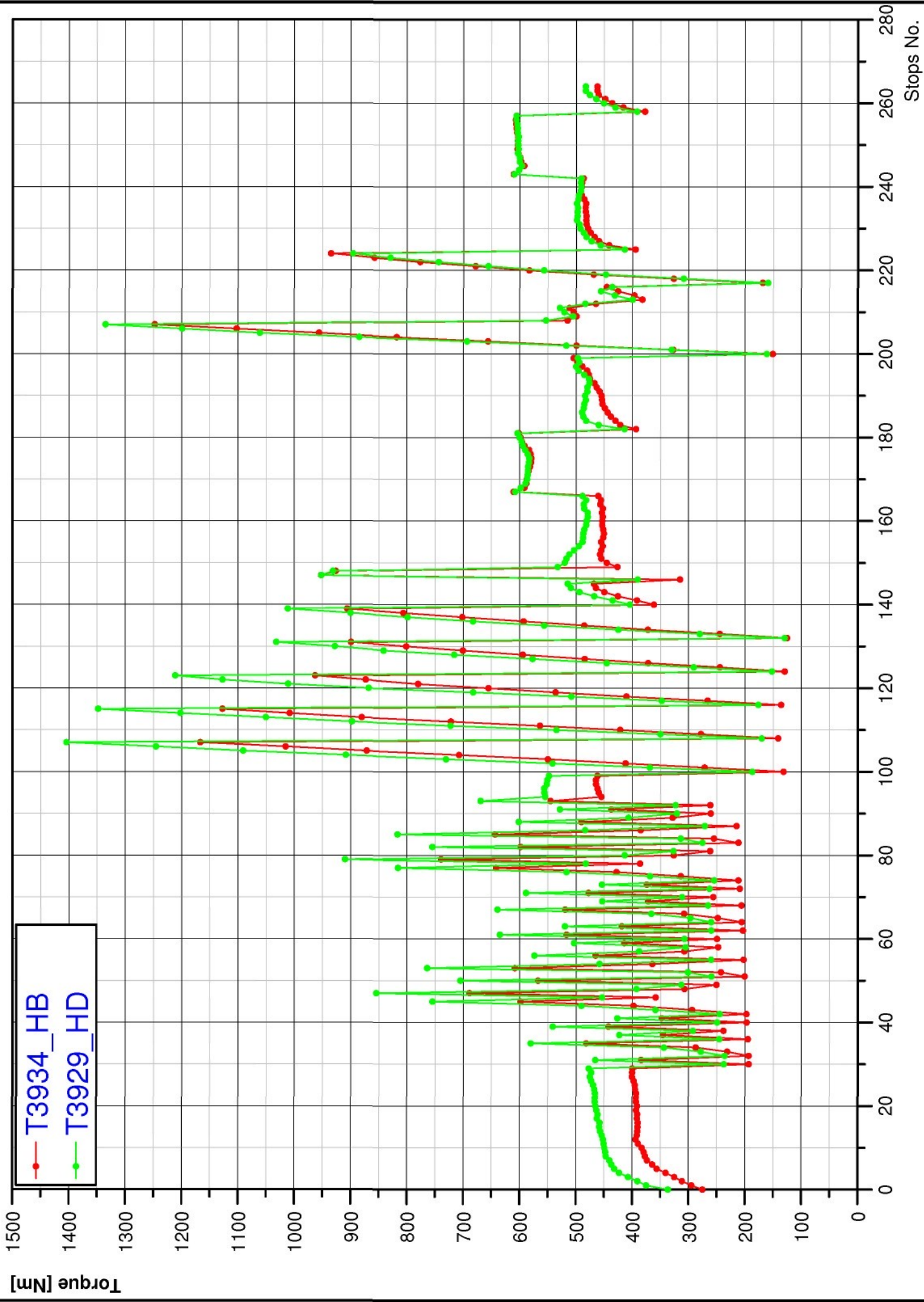
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0

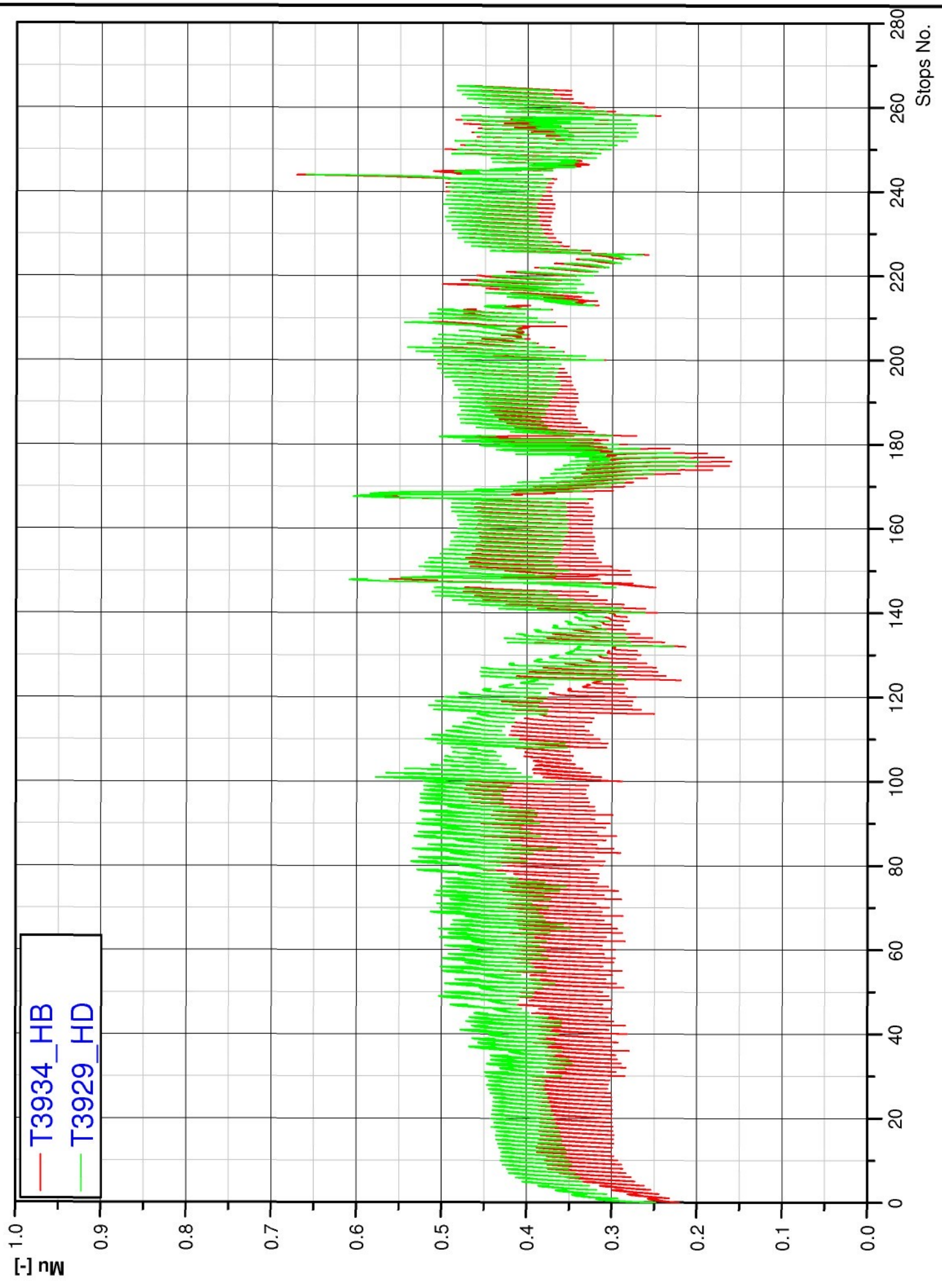
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280

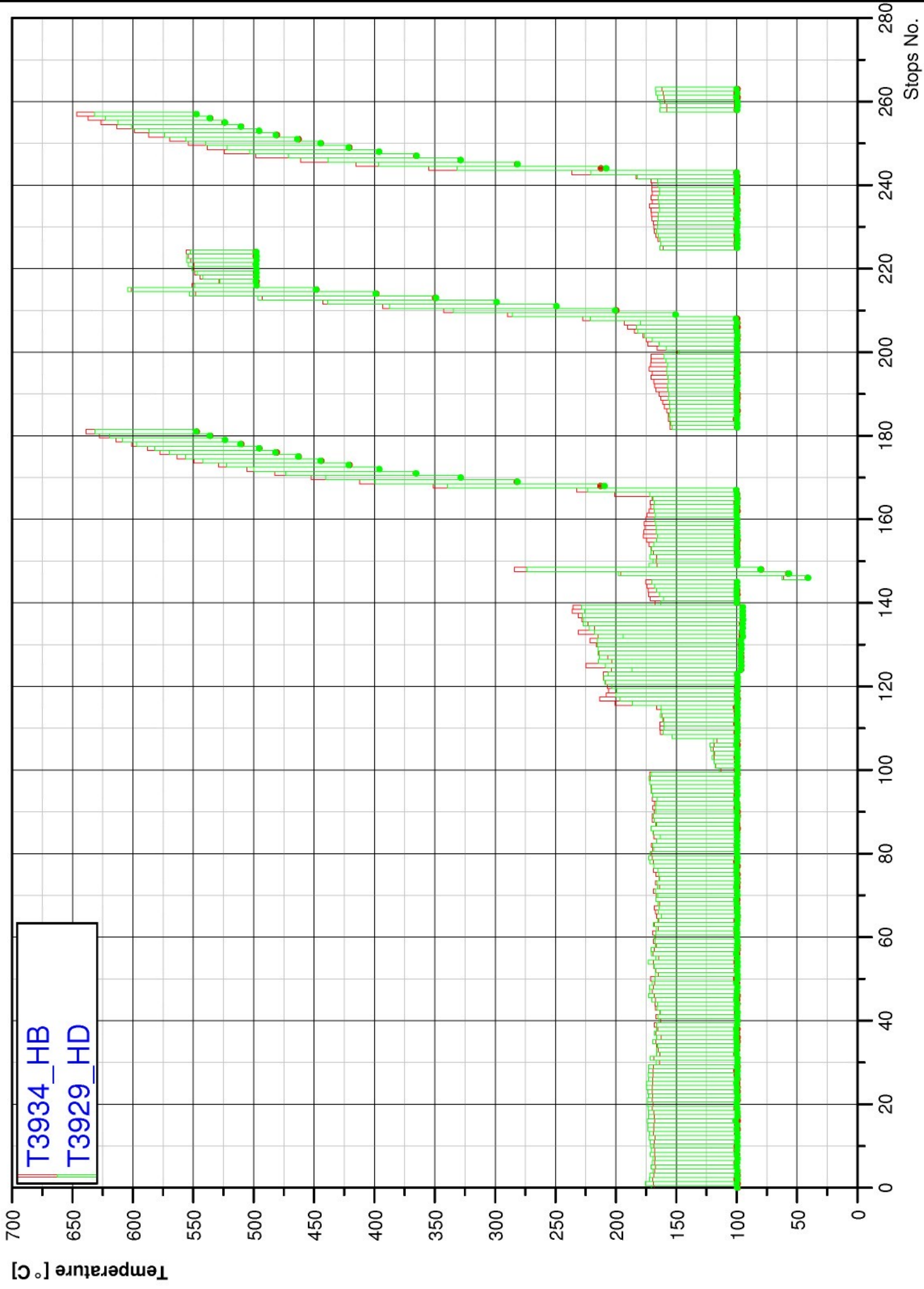
Stops No.

T3934_HB - aftermarket disc DF4376
T3929_HD - original
T4923_1RE - aftermarket disc DF4376 - grinded
T4923_1RF - aftermarket disc DF4376 - with 200 running in stops









Product Group: Dyno tests	Compiled: R.Pike
Change-Note:	Specialist: W. Schemmel
Date: 10.7.2002	Approved: O. Schmitt

Title:	μ – value Characteristic Test (AK – Master 12/98)
---------------	--

Associated Specifications: TS 4-16-114, TS 4-16-116

Testdescription:

The AK-Master dynamometer program describes the influences of pressure, temperature and velocity on the friction material. The program is normally used to compare friction materials under the same conditions. To take into account the different types of dynamometer cooling systems, the fading tests are temperature controlled. The types of brakes and discs used vary according to individual projects.

Testcondition:

Inertia dyno: FA: 75% of ½ gross vehicle weight
RA: 25% of ½ gross vehicle weight

Press. rate increase: 250 ± 50 bar/s

Sampling frequency: min. 50 ms (pressure and torque)

Temp. Measurement: caulked thermocouple in the centre of the friction area of the disc.
Set 0.5 mm ± 0,1 mm deeper than friction surface.

Cooling conditions: Point 9, 12.1, 12.2, and 14: additional air: 0% exhaust air: 100%
Cooling speed corresp. to 5-10 km/h

The fading cycle is temperature- and torque controlled. The brake torque is calculated from the weight of the car, the brake- force- distribution, the dynamic tyre radius and the chosen- deceleration.

Starting temperatures of the fadingstops:

	disc	drum
T _{A1}	100 °C	100 °C
T _{A2}	215 °C	151 °C
T _{A3}	283 °C	181 °C
T _{A4}	330 °C	202 °C
T _{A5}	367 °C	219 °C
T _{A6}	398 °C	232 °C
T _{A7}	423 °C	244 °C

T _{A8}	446 °C	254 °C
T _{A9}	465 °C	262 °C
T _{A10}	483 °C	270 °C
T _{A11}	498 °C	277 °C
T _{A12}	513 °C	284 °C
T _{A13}	526 °C	289 °C
T _{A14}	539 °C	295 °C
T _{A15}	550 °C	300 °C

Starting temperatures were determined, using a logarithmic formula

$$T_{AN} = (T_{A15} - T_{A1}) / \ln(15) \cdot \ln(N) + T_{A1}$$

If the temperature steps are not obtained with the temperature run section 12.1 and 12.2, continuity braking operation with a speed of 80 km/h may be performed with a torque equivalent to 20% deceleration and max. braking time of 20 sec. Evaluation however will be carried out only with the temperature steps represented in the program. If the temperature steps are not obtained in section 9 and 14 the starting temperatures must be defined by the project engineer.

Evaluation:

The evaluation of the AK-Master is shown in the sample diagram in the appendix. The μ-value of the stop is shown there in his characteristic over time, as well as in his average value.

Friction values were determined using following formula:

$$\mu = \frac{Md_{Bremse}}{2 \cdot (p - p_{Anlege}) \cdot A_{Kolben} \cdot r_{eff} \cdot \eta}$$

$$C^* = \frac{Md_{Bremse}}{(p - p_{Anlege}) \cdot A_{Kolben} \cdot r_{eff} \cdot \eta}$$

The efficiency factor η is determined 100%.

Threshold = 0,5 bar for disc brake, Threshold pressure for drumbrake will be determined specifically for the project

Start of the evaluation at 90% of reference value (pressure or torque).
 End of the evaluation at 90 % of reference value (pressure or torque).

Determination of lining and disc wear by weighing and measuring before and after test. Number and position of the test points are determined project specific.

Summary of results:

The summary of results reduces the evaluation of the AK-Master to the most important criteria's.
 Following values are determined.

Definition of friction values:

Friction value of a snub / stop:	arithm. average of the single values of a snub / stop.
Nominal friction value:	average of the friction values without section 9, 12.1, 12.2, 14.
Min. friction value:	min. friction value out of section 9, 12.1, 12.2, 14.

Definition of each friction coefficient in the summary:

item	abbreviation	explanation
3	μ_{OP6}	average of the friction values of snub 1. to 6.
4.3	μ_{v120}	average of the friction values of snub at 20, 30, and 40 bar
4.5	μ_{vmax}	average of the friction values of snub at 20, 30, and 40 bar
5	μ_{OP6}	average of the friction values of snub 1. to 6.
6	μ_{T40}	friction value of the 1. snub
7	μ_{MW2}	friction value of the 2. snub
8	μ_{OP18}	average of the friction values of snub 1. to 18.
9	μ_{F1}	min. friction value of stop 1. to 15.
10	μ_{OP18}	average of the friction values of snub 1. to 18.
12	μ_{T500} / μ_{T300}	min. friction value of friction values of section 12.1 and 12.2
13	μ_{OP18}	average of the friction values of snub 1. to 18.
14	μ_{F2}	min. friction value of stop 1. to 15.
15	μ_{OP18}	average of the friction values of snub 1. to 18.

Remark:

These test conditions are only valid for grey cast iron brake discs.

All mentioned values are standard values which exceptionally may be altered project-specific.

		front axle	rear axle	
			disc	drum
1. Characteristic value μ green				
Number of applications	$K =$	30	30	30
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	$p =$	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	offen / open	offen / open	offen / open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
2. Bedding				
Number of applications	$K =$	32	32	32
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
pressure = constant	$p =$	15, 30, 15, 18, 22, 38, 15, 26, 18, 34, 15, 26, 15, 22, 30, 46, 26, 51, 22, 18, 42, 15, 18, 46, 26, 15, 34, 22, 18, 30, 18, 38	15, 30, 15, 18, 22, 38, 15, 26, 18, 34, 15, 26, 15, 22, 30, 46, 26, 51, 22, 18, 42, 15, 18, 46, 26, 15, 34, 22, 18, 30, 18, 38	15, 30, 15, 18, 22, 38, 15, 26, 18, 34, 15, 26, 15, 22, 30, 46, 26, 51, 22, 18, 42, 15, 18, 46, 26, 15, 34, 22, 18, 30, 18, 38
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	offen / open	offen / open	offen / open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	2	2	4

		front axle	rear axle	
			disc	drum
3. Characteristic value				
Number of applications	K =	6	6	6
Initial speed	$V_A / V_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$V_E / V_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	p =	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
4.0 Speed / Pressure line				
4.1 Speed / Pressure line 40 km/h				
Number of applications (per step)	K =	1	1	1
Initial speed	$V_A / V_I =$	40 km/h	40 km/h	40 km/h
Final speed	$V_E / V_F =$	< 5 km/h	< 5 km/h	< 5 km/h
Pressure = constant	p =	10,20,30 80 bar	10,20,30 .80 bar	20,30 ..80 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
4.2 Speed / Pressure line 80 km/h				
Number of applications (per step)	K =	1	1	1
Initial speed	$V_A / V_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$V_E / V_F =$	40 km/h	40 km/h	40 km/h
Pressure = constant	p =	10,20,30 80 bar	10,20,30 .80 bar	20, 30 ..80 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open 1	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$		1	1

		front axle	rear axle	
			disc	drum
4.3 Speed / Pressure line 120 km/h Number of applications (per step) Initial speed Final speed Pressure = constant Initial temperature Final temperature Number of cycles	$K =$ $v_A / v_I =$ $v_E / v_F =$ $p =$ $T_A / T_I \leq$ $T_E / T_F =$ $K_Z / K_C =$	1 120 km/h 80 km/h 10,20,30 .80 bar 100 °C open 1	1 120 km/h 80 km/h 10,20,30 .80 bar 100 °C open 1	1 120 km/h 80 km/h 20, 30 ..80 bar 80 °C open 1
4.4 Speed / Pressure line 160 km/h Number of applications (per step) Initial speed Final speed Pressure = constant Initial temperature Final temperature Number of cycles	$K =$ $v_A / v_I =$ $v_E / v_F =$ $p =$ $T_A / T_I \leq$ $T_E / T_F =$ $K_Z / K_C =$	1 160 km/h 130 km/h 10,20,30 ..80 bar 100 °C open 1	1 160 km/h 130 km/h 10,20,30 .80 bar 100 °C open 1	1 160 km/h 130 km/h 20, 30 ..80 bar 80 °C open 1
4.5 Speed / Pressure line 200 km/h (if $v_{max} < 200$ km/h $\Rightarrow v_A = 180$ km/h) Number of applications (per step) Initial speed Final speed Pressure = constant Initial temperature Final temperature Number of cycles	$K =$ $v_A / v_I =$ $v_E / v_F =$ $p =$ $T_A / T_I \leq$ $T_E / T_F =$ $K_Z / K_C =$	1 180 / 200 km/h 150 / 170 km/h 10,20,30 ..80 bar 100 °C open 1	1 180 / 200 km/h 150 / 170 km/h 10,20,30 .80 bar 100 °C open 1	1 180 / 200 km/h 150 / 170 km/h 20, 30 ..80 bar 80 °C open 1

		front axle	rear axle	
			disc	drum
5. Characteristic value				
Number of applications	K =	6	6	6
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	p =	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open 1	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1		1
6. Cold application				
Number of applications	K =	1	1	1
Initial speed	$v_A / v_I =$	40 km/h	40 km/h	40 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	<5 km/h	<5 km/h	<5 km/h
Pressure = constant	p =	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	40 °C	40 °C	40 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
7. Motorway applications				
Number of applications	K =	2	2	2
Initial speed	$v_{A1} / v_{I1} =$	100 km/h	100 km/h	100 km/h
	$v_{A2} / v_{I2} =$	90 % v_{max}	90 % v_{max}	90 % v_{max}
Final speed	$v_{E1} / v_{F1} =$	<5 km/h	<5 km/h	<5 km/h
	$v_{E2} / v_{F2} =$	50 % v_{max}	50 % v_{max}	50 % v_{max}
Deceleration	a =	0,60 g	0,60 g	0,60 g
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	50 °C	50 °C	50 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open 1	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$		1	1

		front axle	rear axle	
			disc	drum
8. Characteristic / recovery				
Number of applications	$K =$	18	18	18
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	$p =$	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
9. Fade 1				
Number of applications	$K =$	15	15	15
Initial speed	$v_A / v_I =$	100 km/h	100 km/h	100 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	<5 km/h	<5 km/h	<5 km/h
Deceleration	$a =$	0,40 g	0,40 g	0,40 g
Initial temperature (1. – 15. stop)	$T_A / T_I \leq$	100,215,283,330,367,398,423,446,465,483,498,513,526,539,550 °C	100,215,283,330,367,398,423,446,465,483,498,513,526,539,550 °C	100,151,181,202,219,232,244,254,262,270,277,284,289,295,300 °C
max. pressure	$p_{max} =$	160 bar	160 bar	100 bar
max. temperature	$T_{max} =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
10. Characteristic / recovery				
Number of applications	$K =$	18	18	18
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	$p =$	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open 1	open 1	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$			1

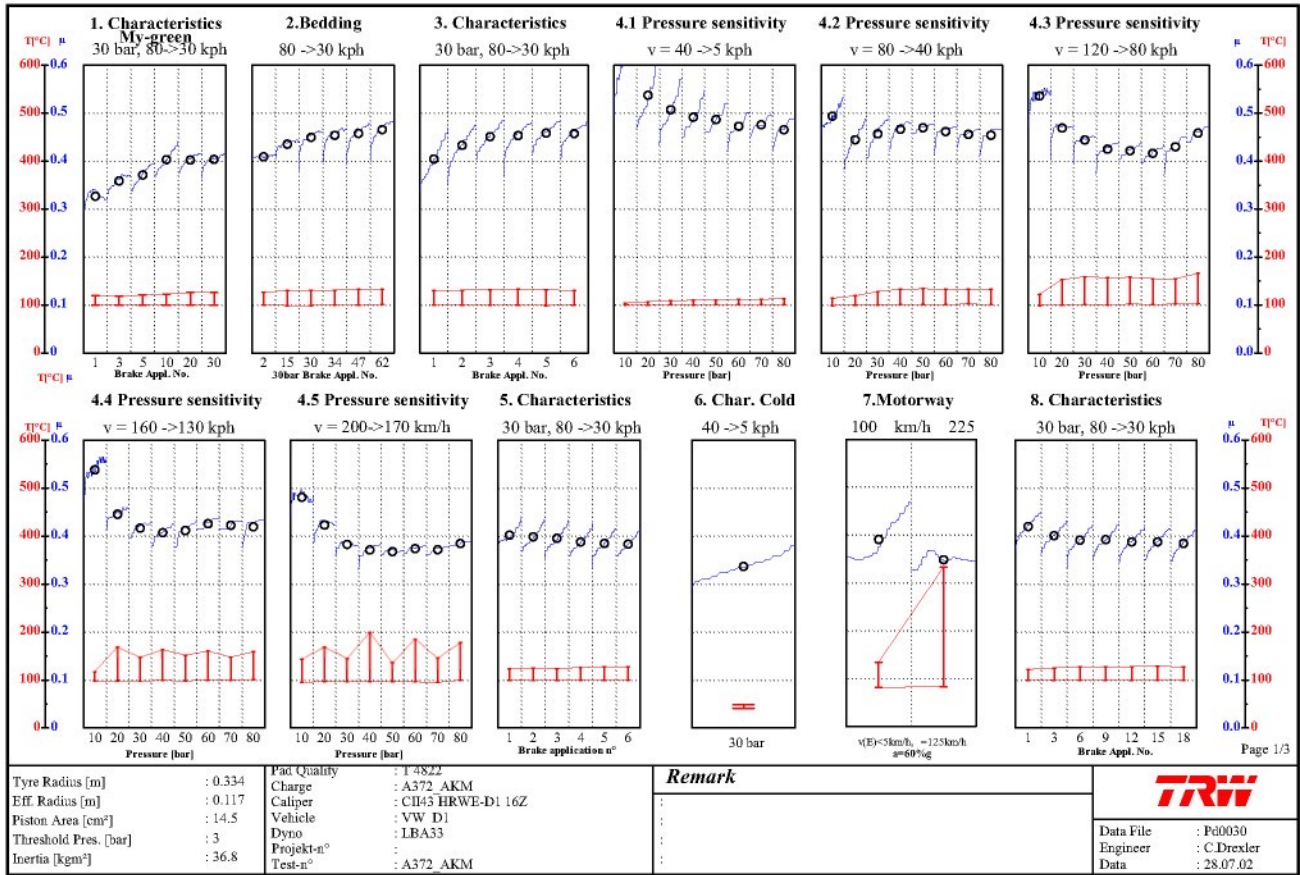
		front axle	rear axle	
			disc	drum
11. Pressure line 100°C / 80°C				
Number of applications	K =	1	1	1
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	p =	10, 20, 30 ..80 bar	10, 20, 30 .80 bar	20, 30 ..80 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open 1	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1		1
Temperature / Pressure line 500 °C / (300 °C)				
12.1 Incr. temp. 500 °C / (300 °C)				
Number of applications (per step)	K =	1	1	1
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	p =	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100,150, 200, 250, 300,350, 400, 450, 500 °C	100,150, 200, 250,300,350, 400, 450, 500 °C	100,150, 200, 250, 300 °C
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
12.2 Pressure line 500 °C / (300 °C)				
Number of applications (per step)	K =	1	1	1
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	p =	10,20,30 ..80 bar	10,20,30 .80 bar	20, 30 ..80 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	500 °C	500 °C	300 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1

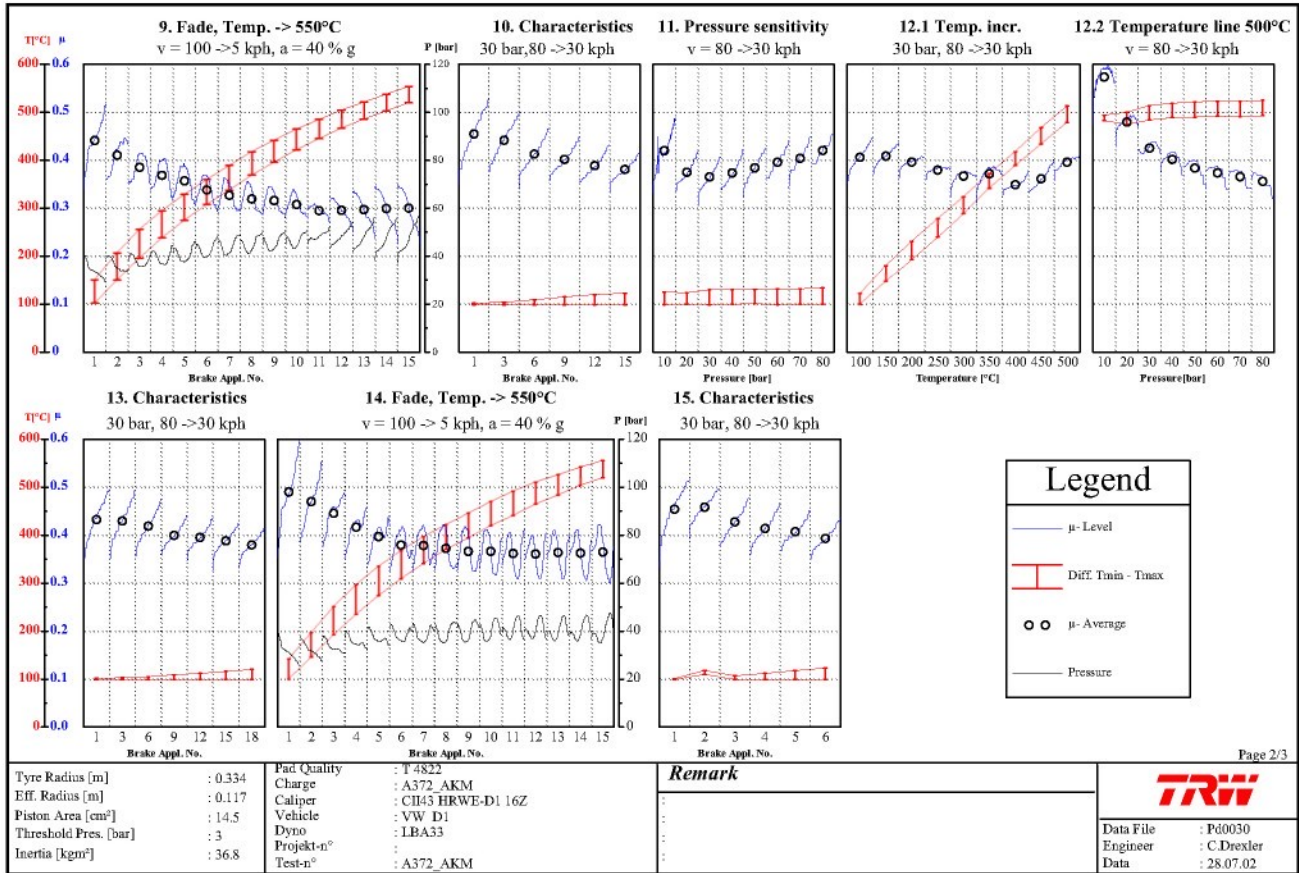
		front axle	rear axle	
			disc	drum
13. Characteristic / recovery				
Number of applications	$K =$	18	18	18
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	$p =$	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open 1	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1		1
14. Fade 2				
Number of applications	$K =$	15	15	15
Initial speed	$v_A / v_I =$	100 km/h	100 km/h	100 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	<5 km/h	<5 km/h	<5 km/h
Deceleration	$a =$	0,40 g	0,40 g	0,40 g
Initial temperature (1. – 15. stop)	$T_A / T_I \leq$	100,215,283,330, 367,398,423,446, 465,483,498,513, 526,539,550 °C	100,215,283,330, 367,398,423,446, 465,483,498,513, 526,539,550 °C	100,151,181,202, 219,232,244,254, 262,270,277,284, 289,295,300 °C
max. pressure	$p_{max} =$	160 bar	160 bar	100 bar
max. temperature	$T_{max} =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1
15. Characteristic / recovery				
Number of applications	$K =$	18	18	18
Initial speed	$v_A / v_I =$	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Final speed	$v_E / v_F =$	30 km/h	30 km/h	30 km/h
Pressure = constant	$p =$	30 bar	30 bar	30 bar
Initial temperature	$T_A / T_I \leq$	100 °C	100 °C	80 °C
Final temperature	$T_E / T_F =$	open	open	open
Number of cycles	$K_Z / K_C =$	1	1	1

Parameter for AK - Master

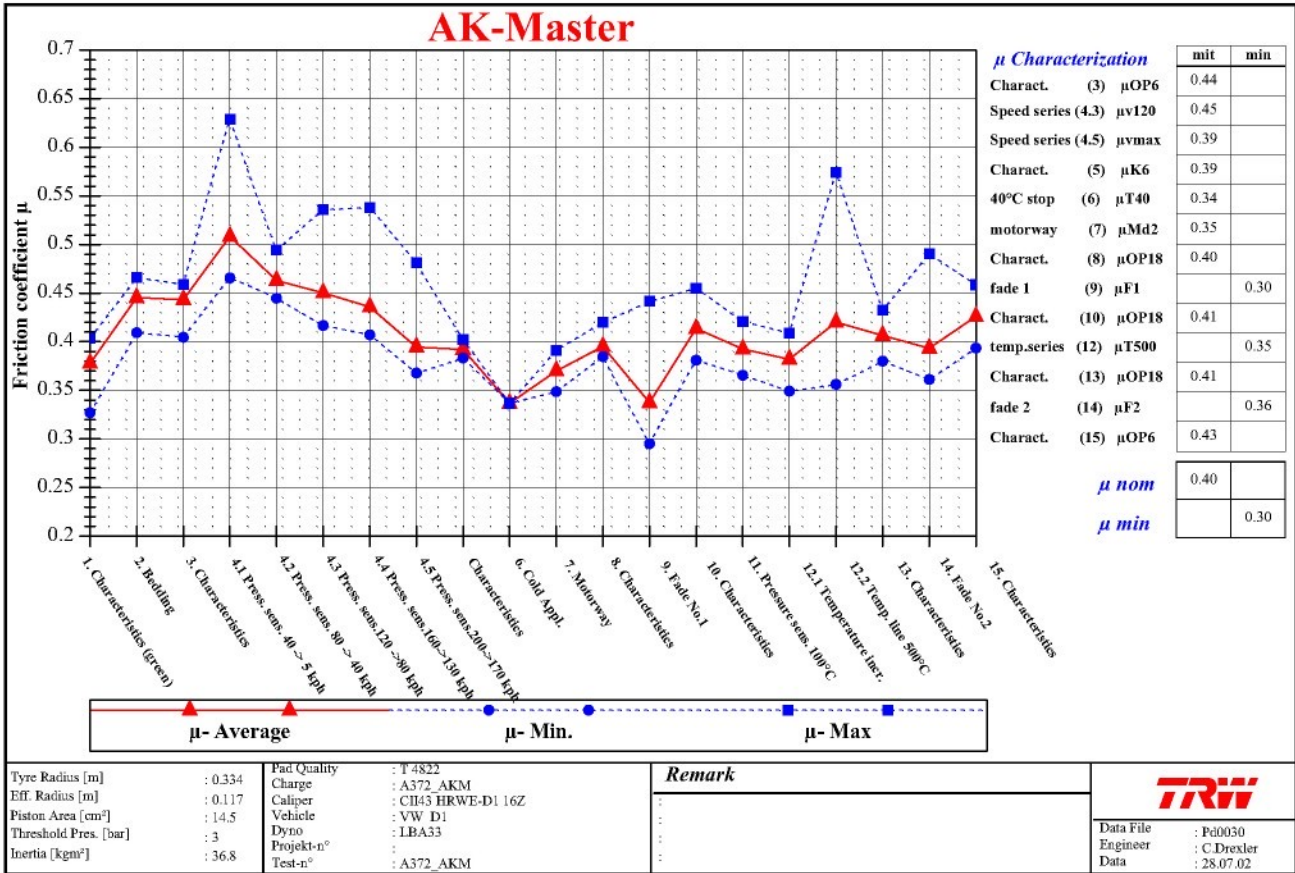
Brake			.....
Disc (Diam. x Thickness)		[mm]	.....X.....
Eff. Radius	r_{eff}	[mm]	.....
Piston diameter		[mm]	.....
Piston area	A_K / A_P	[mm ²]	.....
Threshold pressure	$p_A / p_{Threshold}$	[bar]	.....
Tyre radius	r_{dyn}	[mm]	.....
Gross vehicle weight	G_{ges} / GVW	[kg]:	.....
Inertia		[kg m ²]	.....
Brake torque at 1 g	M_d	[Nm]	.....
Efficiency	η	[%]	.....
Max. speed	v_{max}	[km/h]	.....

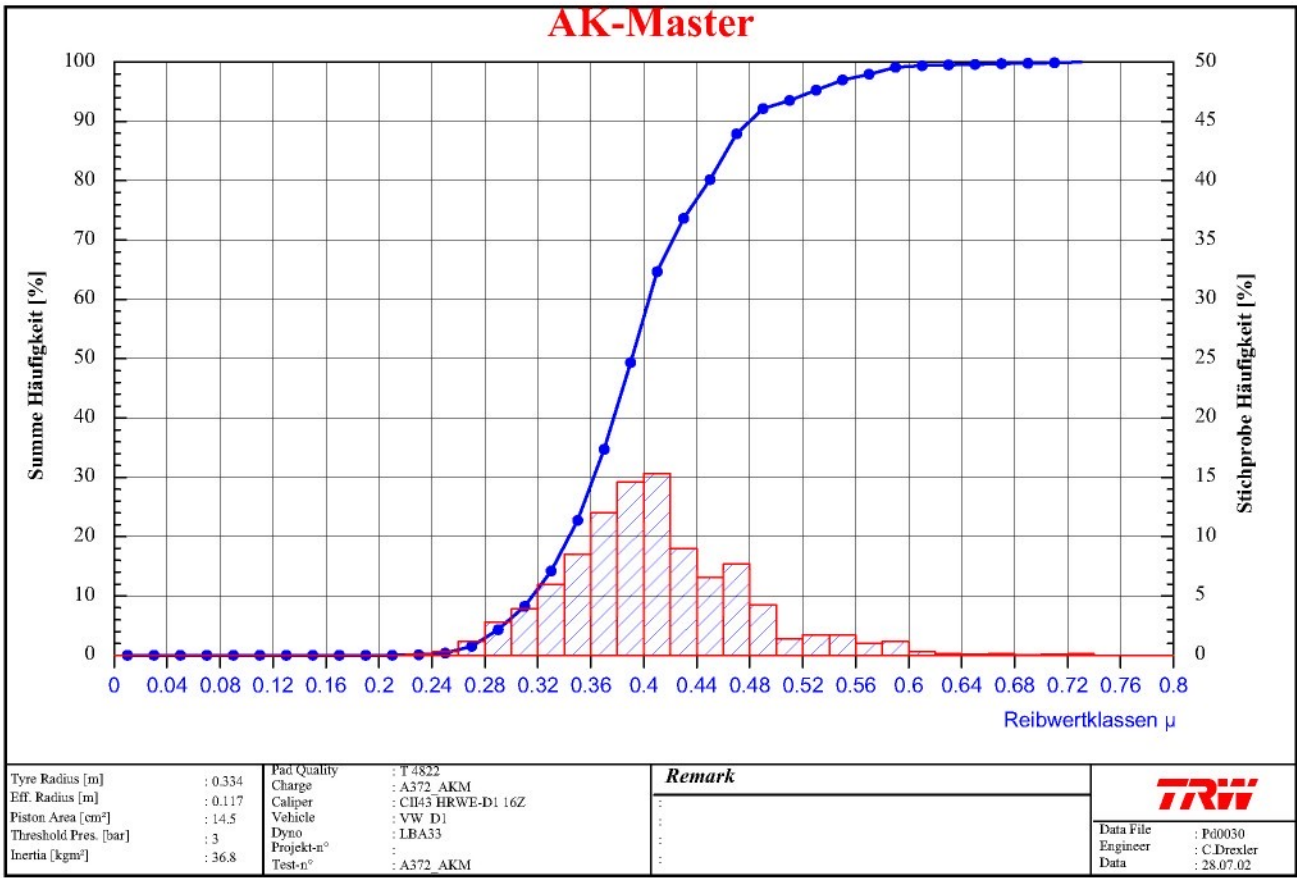
Evaluation of AK-Master Test:





Page 2/3





Data acquisition rate must be noticed on the diagramme.
 All brake applications have to be considered.



Precision Disc Castings Ltd

Mannings Heath Road, Poole, Dorset, BH12 4NJ

Tel: 01202 715050 Fax: 01202 715068

Date 04/09/2008

Quality Assurance Certificate

No. 18836

D

Customer: TRW	Part No : DF1225CDHC	Date Code: 19HG
Drg Iss:	Description: VENT DISC	
Advice Note No:	Order No:	Quantity:

We confirm that the above components conform to the following specification:

TS-2-11-75 (TL 048 A)

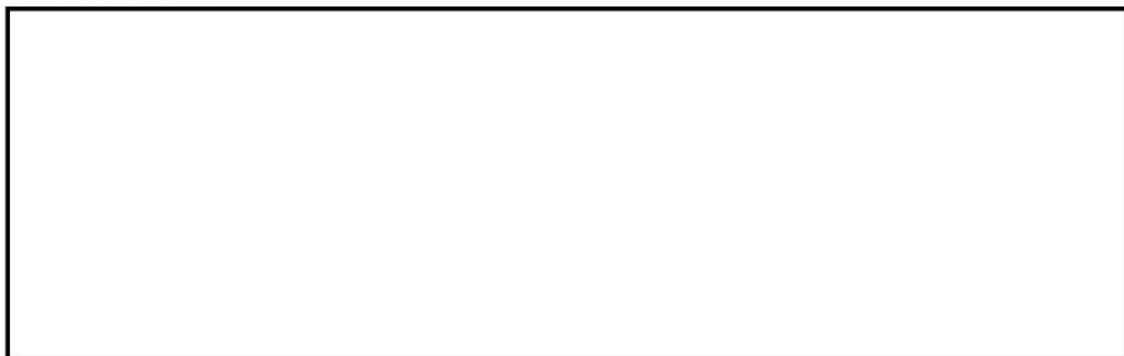
Chemical Composition (%)

Element	Spec	PDC	Element	Spec	PDC
C	3.700 Min.	3.710	Ni	0.200 Max	0.060
Si	1.600 Min.	1.950	Mo	0.600 Max.	0.013
Mn	0.400-0.800	0.670	Cu	0.600 Max.	0.230
P	0.100 Max.	0.070	Al		0.006
S	0.100 Max.	0.070	Ti		0.013
Cr	0.200 Max.	0.060	Pb		0.001

Mechanical Properties04

Property	Spec	PDC	Property	Spec	PDC
HBW Min.	170	191	Tensile N/mm ²	180-230	203
HBW Max.	220	196	Wedge N/mm ²		

Microstructure



Signature

Technical / Quality Department

Registered in England

Registration Number 2687523

Registered Office: Mannings Heath Road, Poole, Dorset, BH12 4NJ

A Member of the European Automotive Components Group of Companies





Precision Disc Castings Ltd

Mannings Heath Road, Poole, Dorset, BH12 4NJ
Tel: 01202 715050 Fax: 01202 715068

Date 29/10/2008

Quality Assurance Certificate

No. 19638

D

Customer: TRW	Part No : DF2591CDHC	Date Code: 29KG
Drg Iss:	Description: VENT DISC	
Advice Note No:	Order No:	Quantity:

We confirm that the above components conform to the following specification:

TS-2-11-75 (TL 048 A)

Chemical Composition (%)

Element	Spec	PDC	Element	Spec	PDC
C	3.700 Min.	3.790	Ni	0.200 Max	0.050
Si	1.600 Min.	1.950	Mo	0.600 Max.	0.048
Mn	0.400-0.800	0.700	Cu	0.600 Max.	0.200
P	0.100 Max.	0.080	Al		0.006
S	0.100 Max.	0.070	Ti		0.011
Cr	0.200 Max.	0.120	Pb		0.001

Mechanical Properties

Property	Spec	PDC	Property	Spec	PDC
HBW Min.	170	201	Tensile N/mm ²	180-230	185
HBW Max.	220	206	Wedge N/mm ²		

Microstructure



Signature

Technical / Quality Department

Registered in England Registration Number 2687523
Registered Office: Mannings Heath Road, Poole, Dorset, BH12 4NJ
A Member of the European Automotive Components Group of Companies





Precision Disc Castings Ltd

Mannings Heath Road, Poole, Dorset, BH12 4NJ

Tel: 01202 715050 Fax: 01202 715068

Date 27/05/2008

Quality Assurance Certificate

No. 15873

D

Customer: TRW	Part No : DF4376CDHC	Date Code: 05LF
Drg Iss:	Description: VENT DISC	
Advice Note No:	Order No:	Quantity:

We confirm that the above components conform to the following specification:

TS-2-11-75 (TL 048 A)

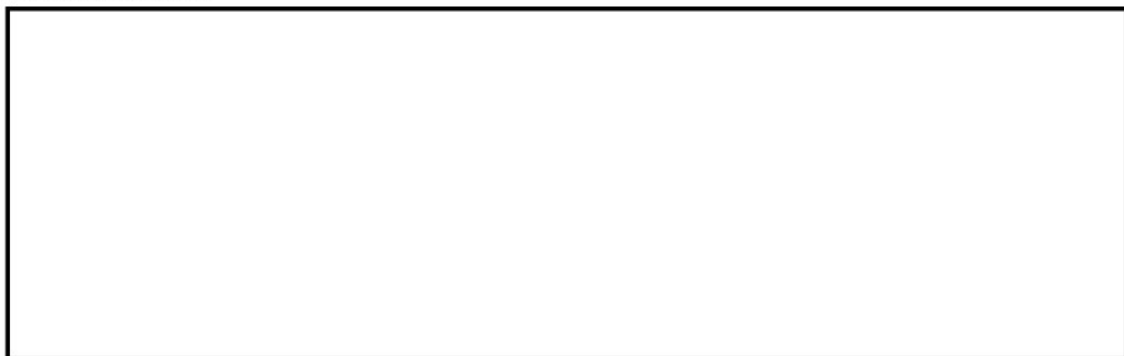
Chemical Composition (%)

Element	Spec	PDC	Element	Spec	PDC
C	3.700 Min.	3.723	Ni	0.200 Max	0.070
Si	1.600 Min.	1.910	Mo	0.600 Max.	0.025
Mn	0.400-0.800	0.700	Cu	0.600 Max.	0.200
P	0.100 Max.	0.090	Al		0.001
S	0.100 Max.	0.099	Ti		0.012
Cr	0.200 Max.	0.110	Pb		0.001

Mechanical Properties

Property	Spec	PDC	Property	Spec	PDC
HBW Min.	170	186	Tensile N/mm²	180-230	215
HBW Max.	220	190	Wedge N/mm²		

Microstructure



Signature

Technical / Quality Department

Registered in England

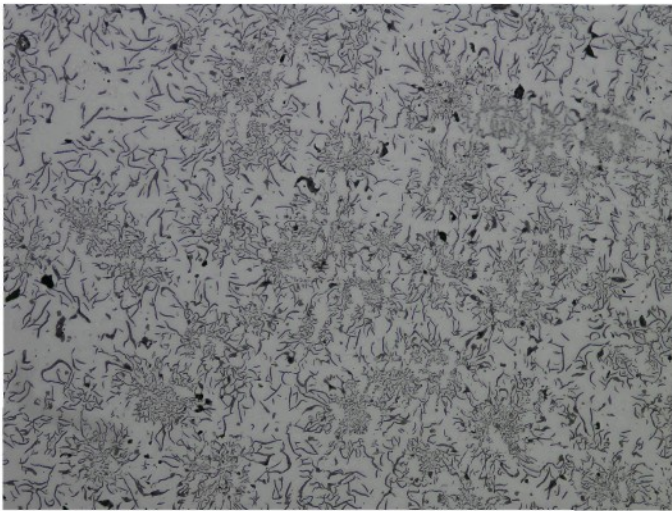
Registration Number 2687523

Registered Office: Mannings Heath Road, Poole, Dorset, BH12 4NJ

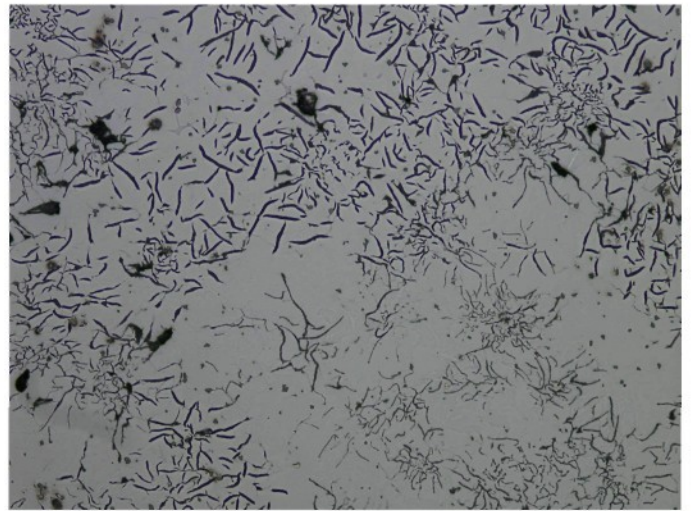
A Member of the European Automotive Components Group of Companies



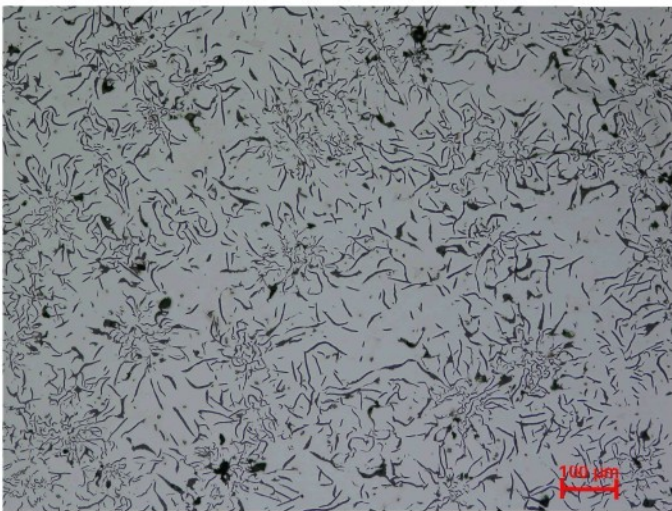
1225 1A 100X



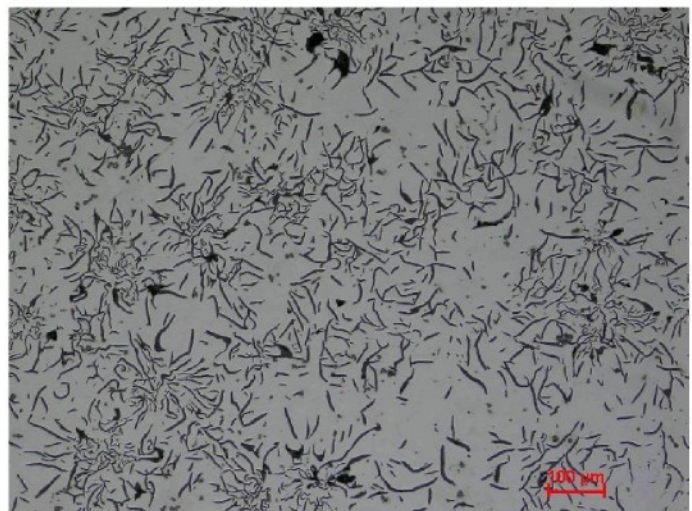
1225 1B 100X



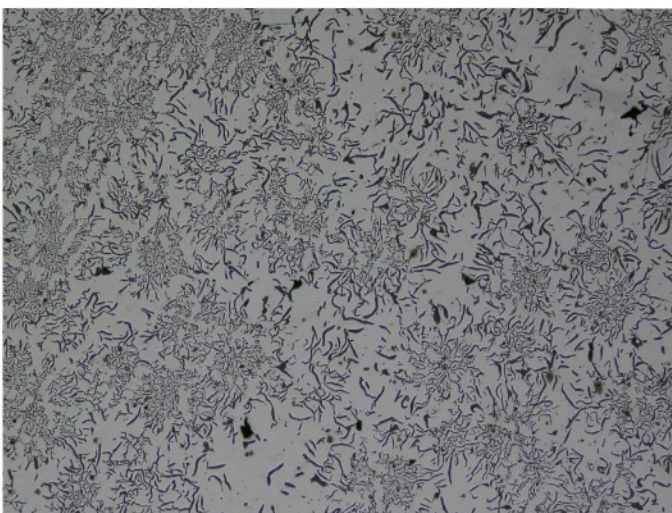
1225 1C 100X



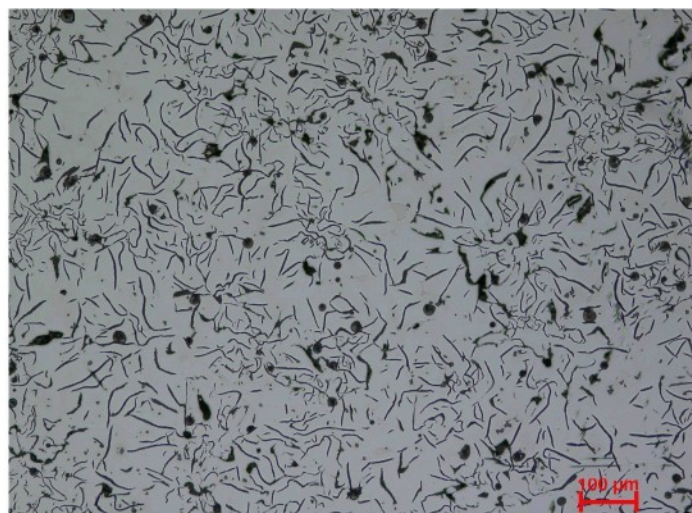
1225 2A 100X



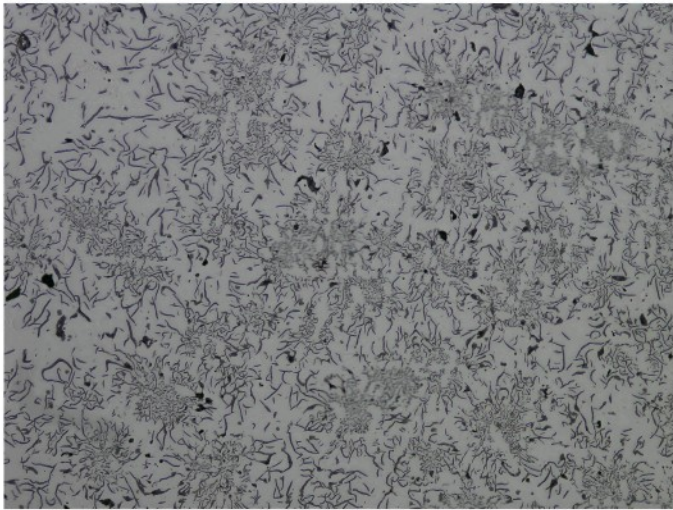
1225 2B 100X



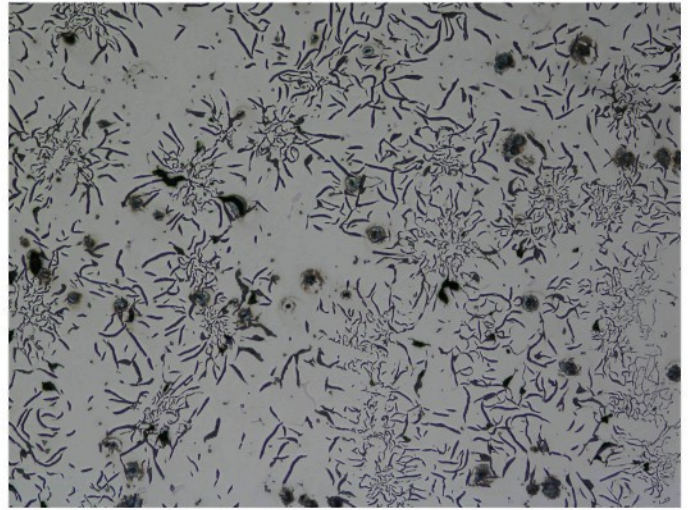
1225 2C 100X



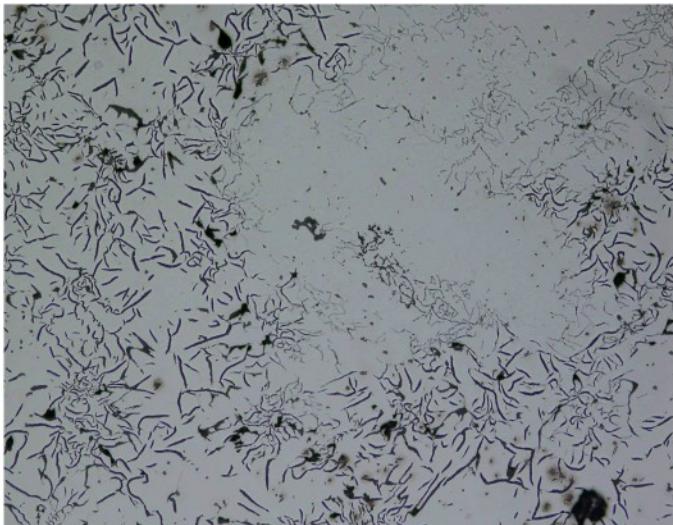
2591 1A 100X



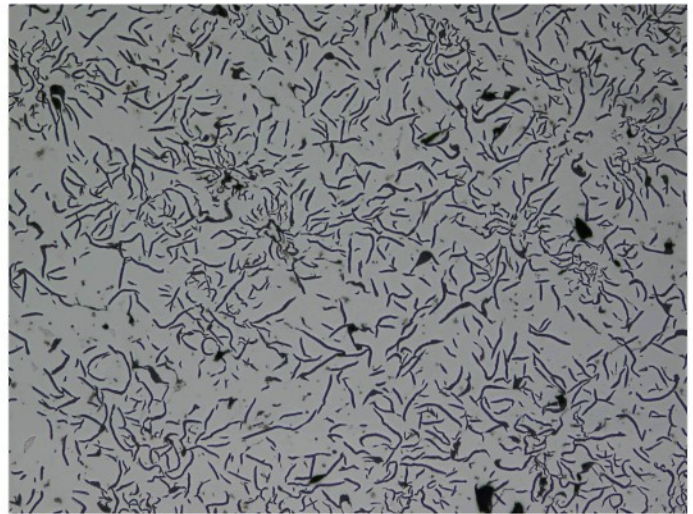
2591 1B 100X



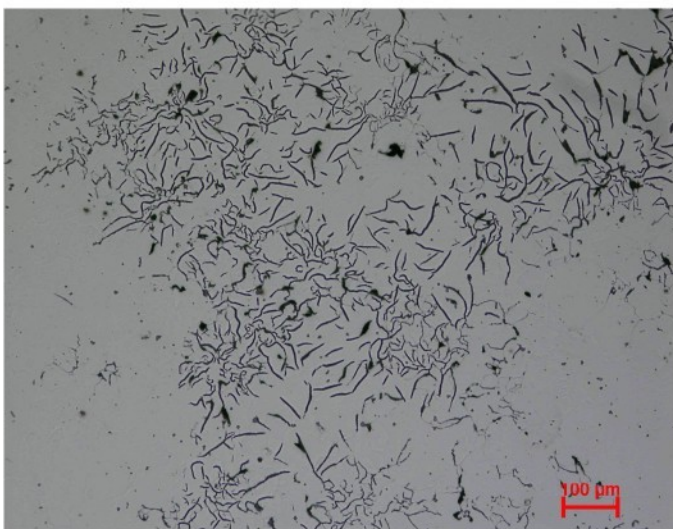
2591 1C 100X



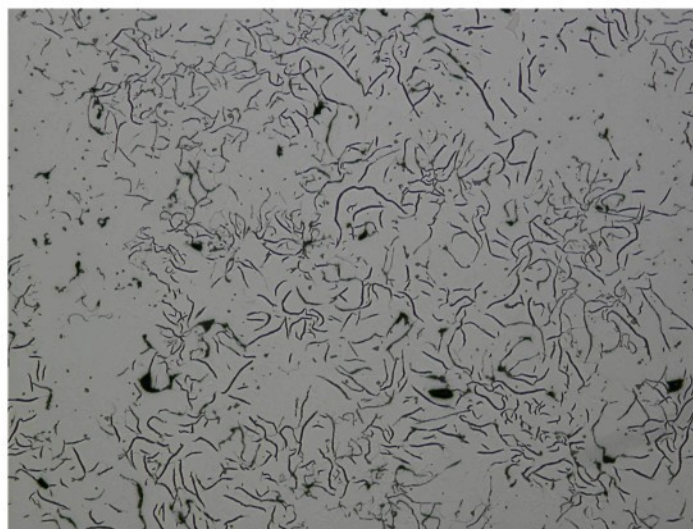
2591 2A 100X



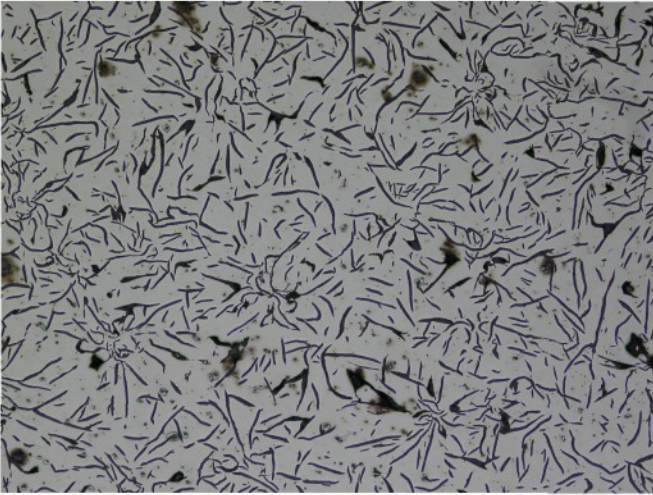
2591 2B 100X



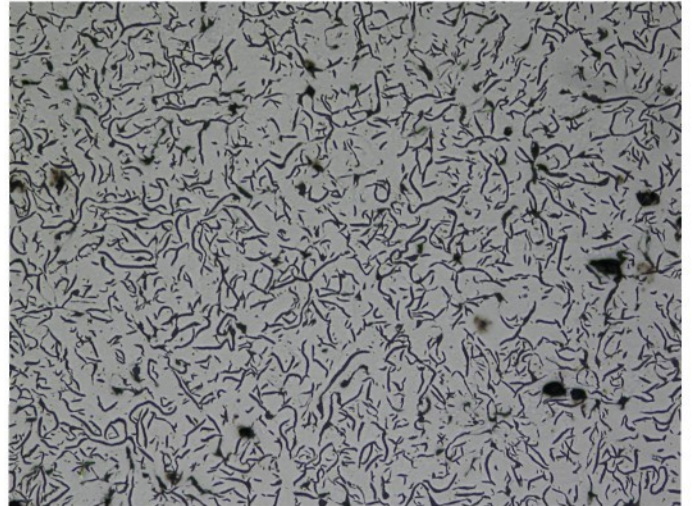
2591 2C 100X



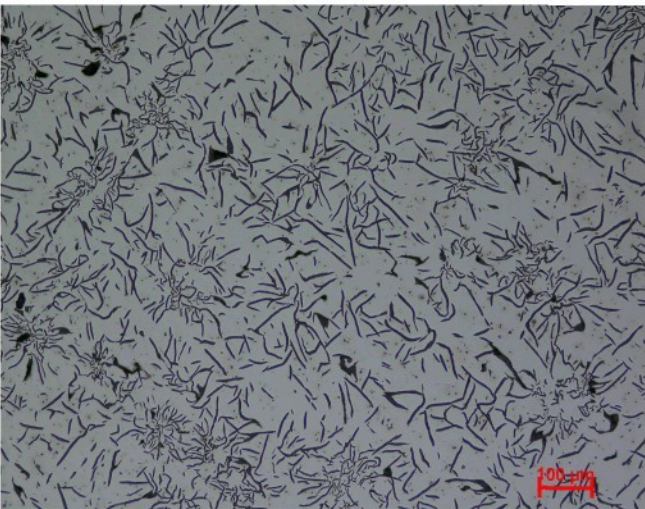
3929 1 100X



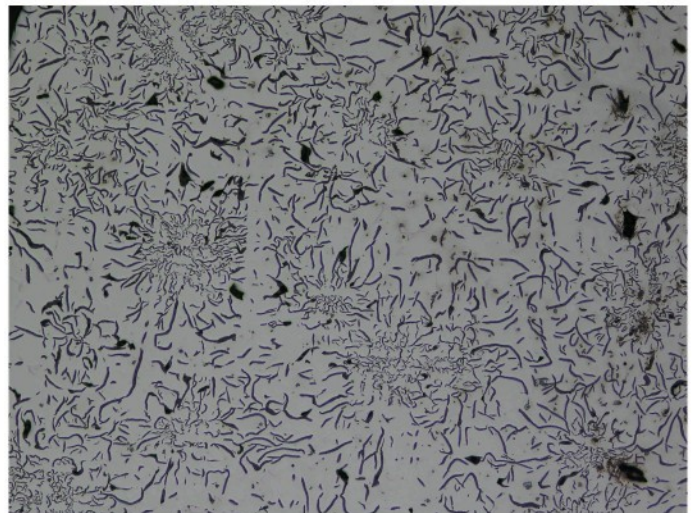
3929 2 100X



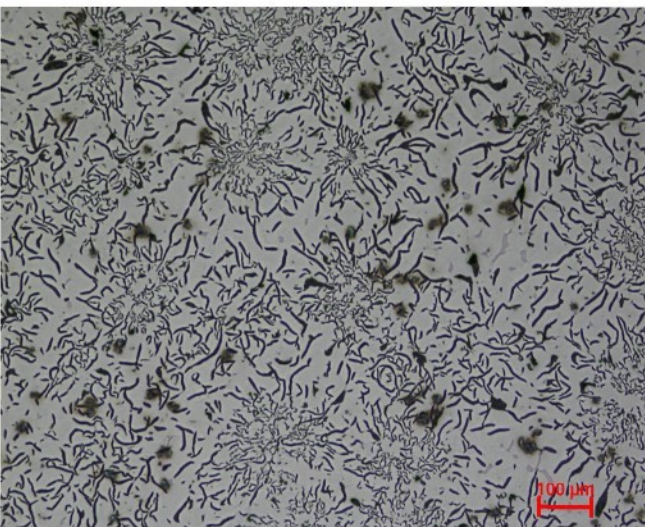
3929 3 100X



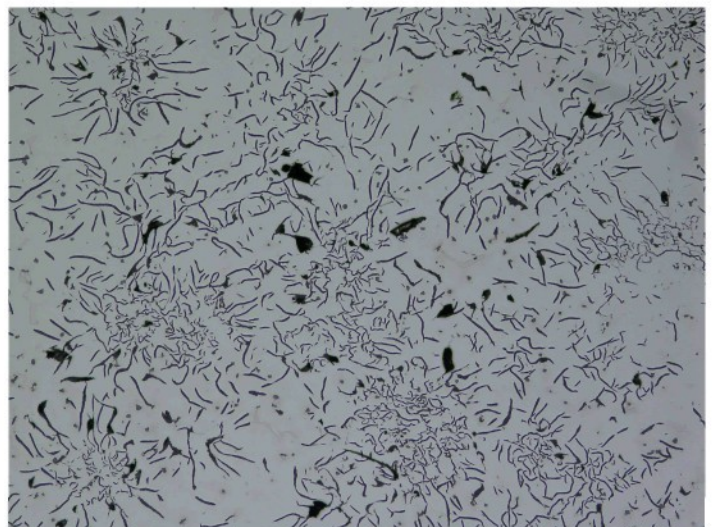
4376 1A 100X



4376 1B 100X



4376 1C 100X



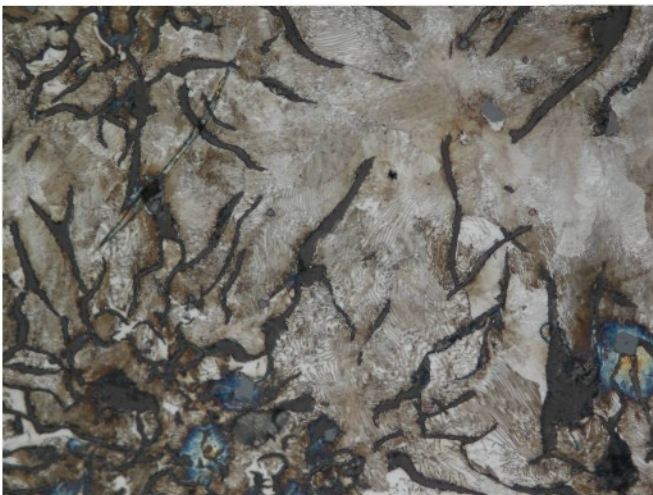
1225 1A 500X 3 %NITAL



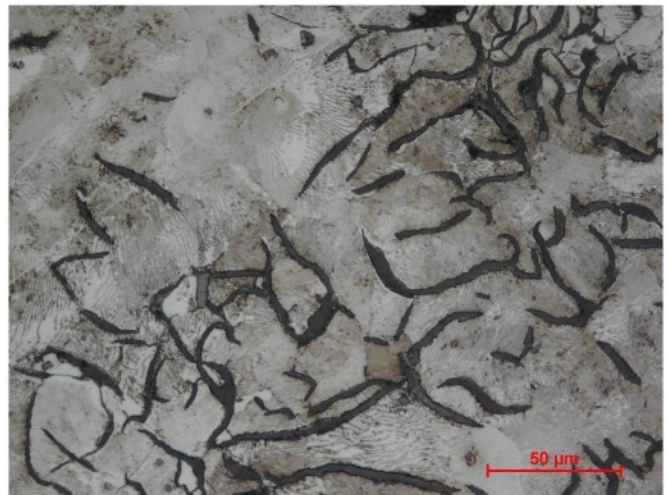
1225 1B 500X 3 %NITAL



1225 1C 500X 3 %NITAL



1225 2A 500X 3 %NITAL



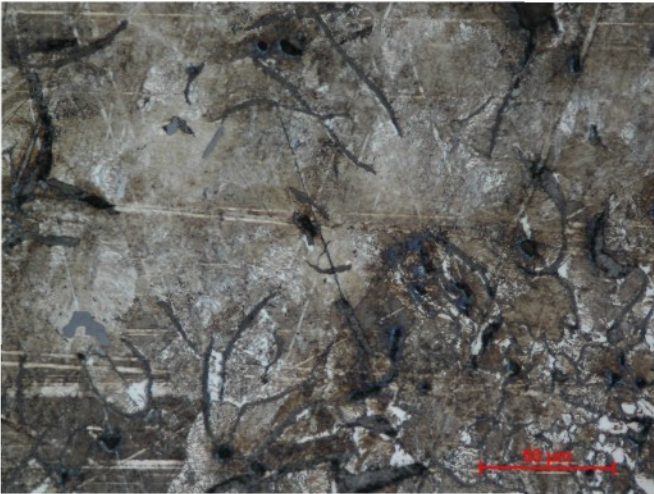
1225 2B 500X 3%NITAL



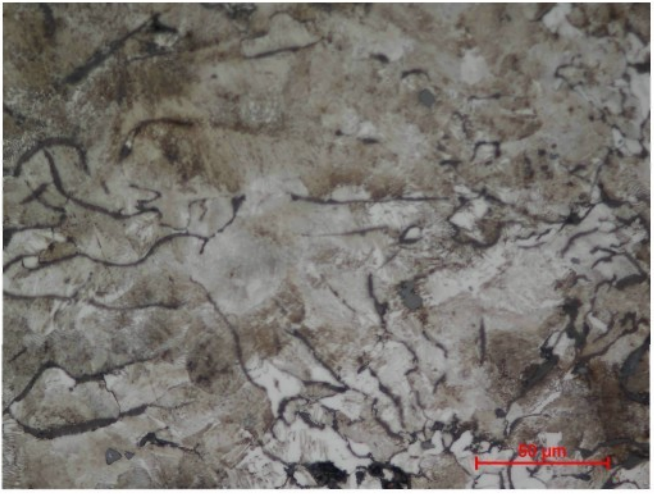
1225 2C 500X 3%NITAL



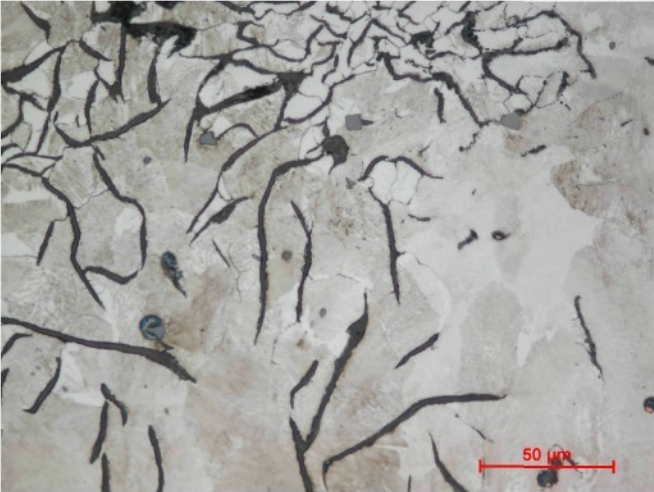
2591 1A 500X 3%NITAL



2591 1B 500X 3%NITAL



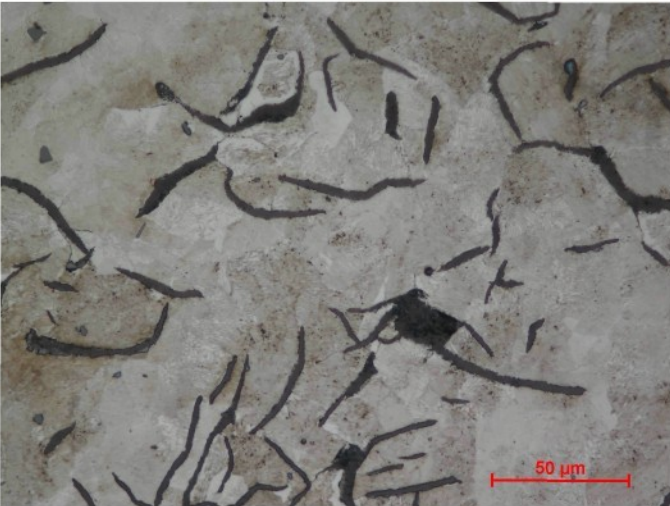
2591 1C 500X 3%NITAL



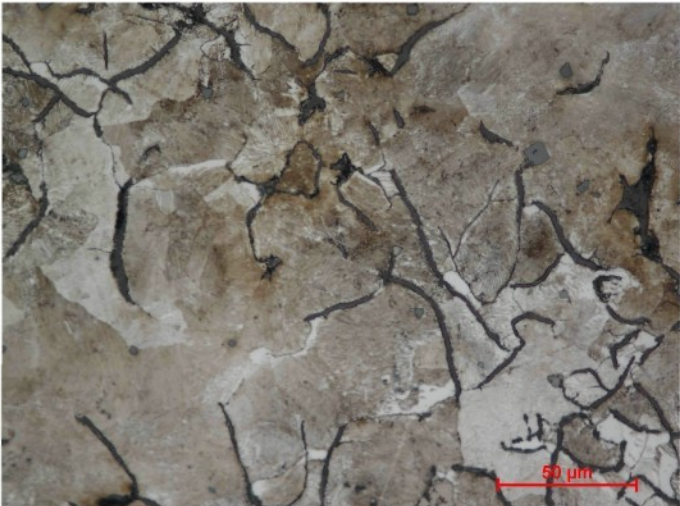
2591 2A 500X 3%NITAL



2591 2B 500X 3%NITAL



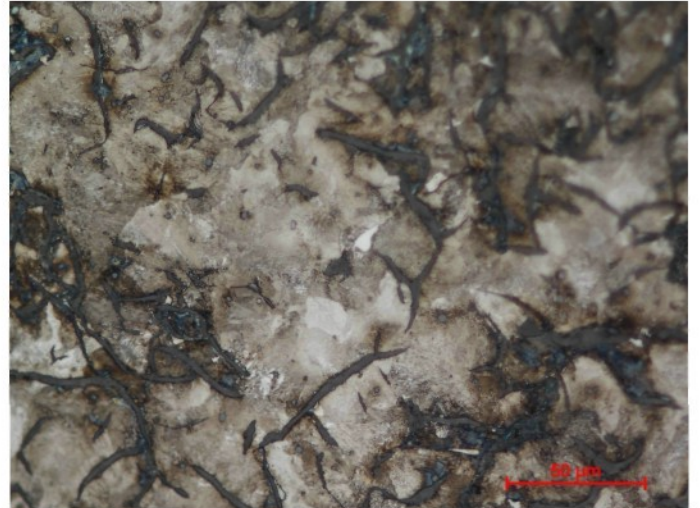
2591 2C 500X 3%NITAL



3929 1 500X 3%NITAL



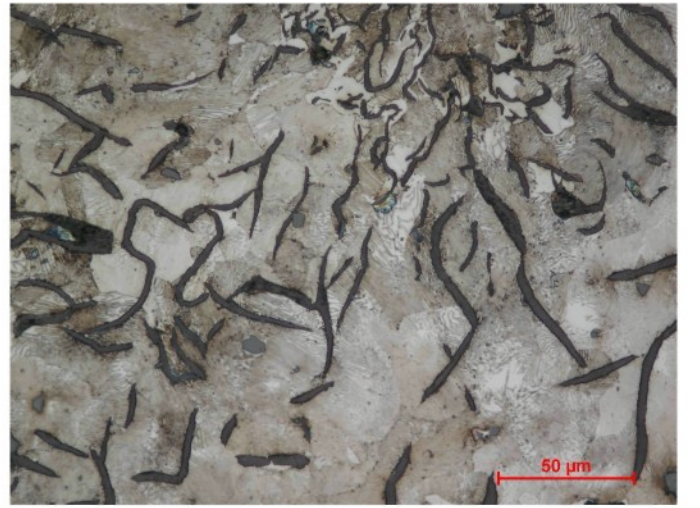
3929 2 500X 3%NITAL



3929 3 500X 3%NITAL



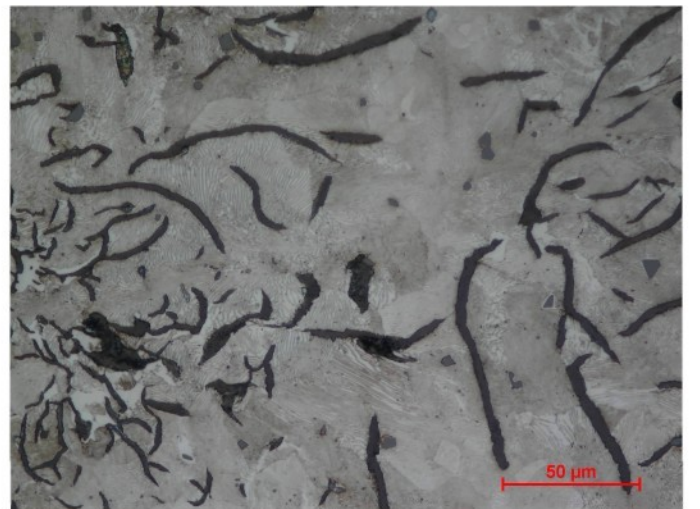
4376 1A 500X 3%NITAL



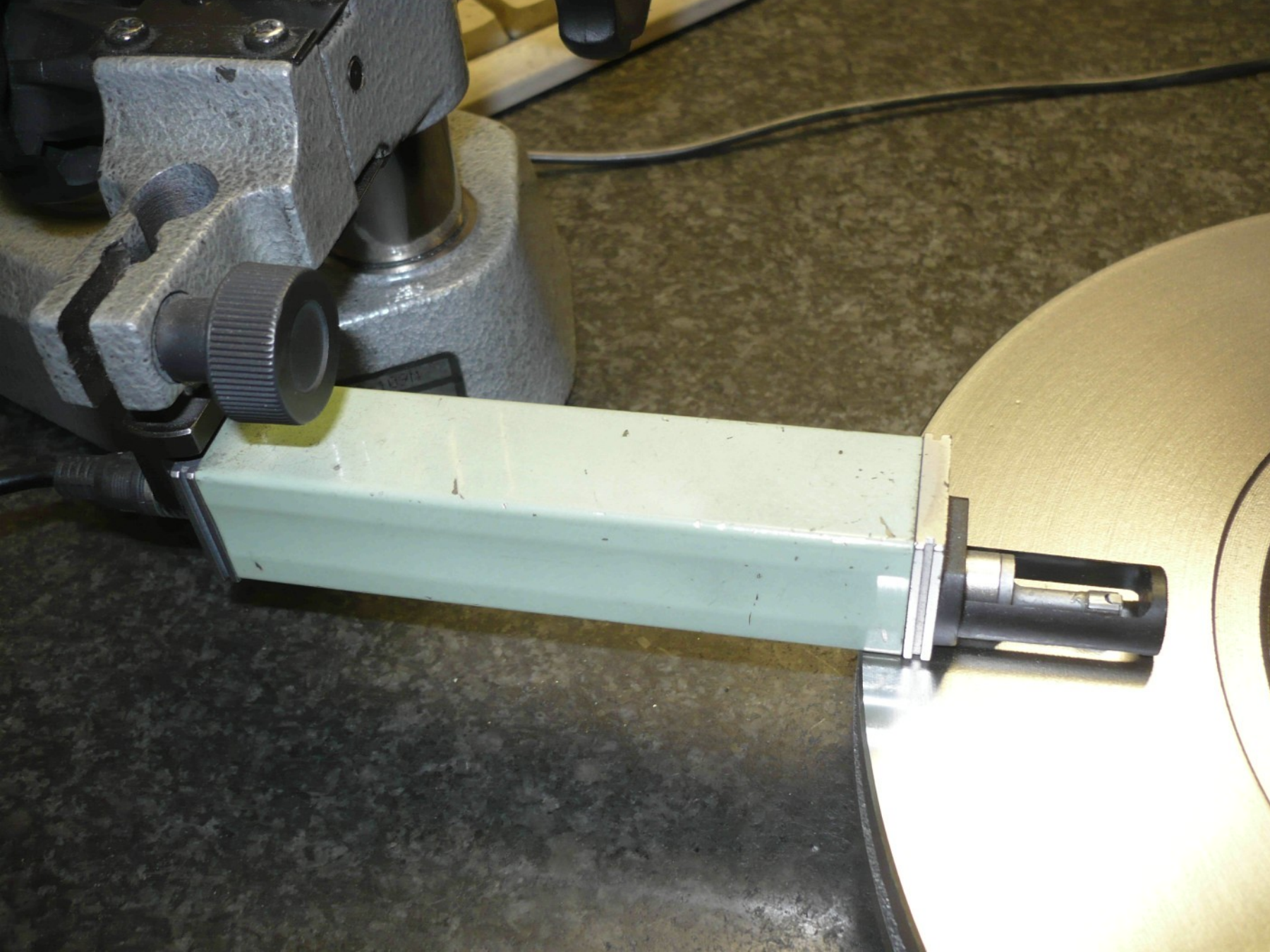
4376 1B 500X 3%NITAL



4376 1C 500X 3%NITAL









300	Technik údržby
302	Technik disků
310	Technik disků
307	Technik disků
231	Vedoucí údržby
	Reklama
	Mob. 725530880
321	
160	
146-148	Personální oddělení
155	IT Manager
170	BPP
171	

Tulach Vaclav	Technik údržby
Pokorny Radek	Technik disků
Pavek Martin	Technik disků
Hoffmann Zbyněk	Technik disků
Salamon Bohdan	Vedoucí údržby
Šmíd Zdeněk	Reklama
Ujřížba	Mob. 725530880
Mistiří	
Sprygarová Daniela	Personální oddělení
Procházka Aleš	IT Manager
Jedleha	BPP
Receptice	
Ostraha 1	





POWER
DATA

START
STOP

PARA-
METER

Mitutoyo SJ-201

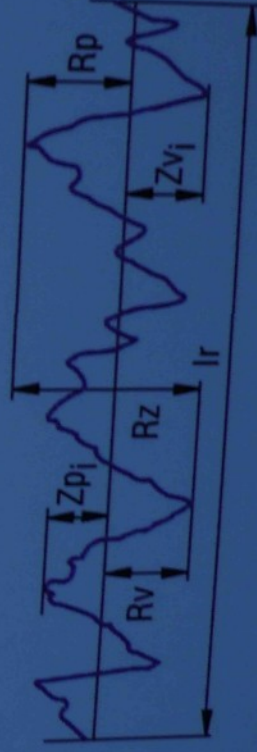


Ra

Střední aritmetická hodnota
drsnosti

DIN EN ISO 4287

- aritmetický střed absolutních odchylek filtrovaného profilu drsnosti od střední čáry uvnitř základní délky l_r
- vypovídací schopnost parametru je nízká, Ra nereaguje citlivě na extrémní výšky hrotů profilu a hloubky rýh profilu

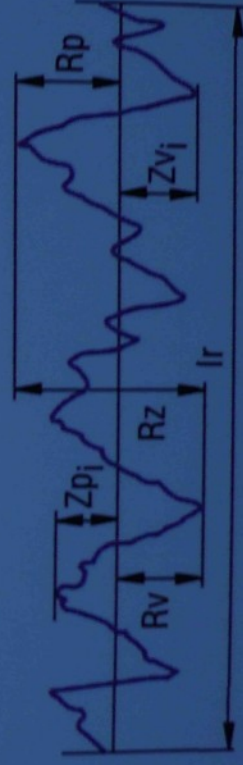


Ra

Střední aritmetická hodnota
drsnosti

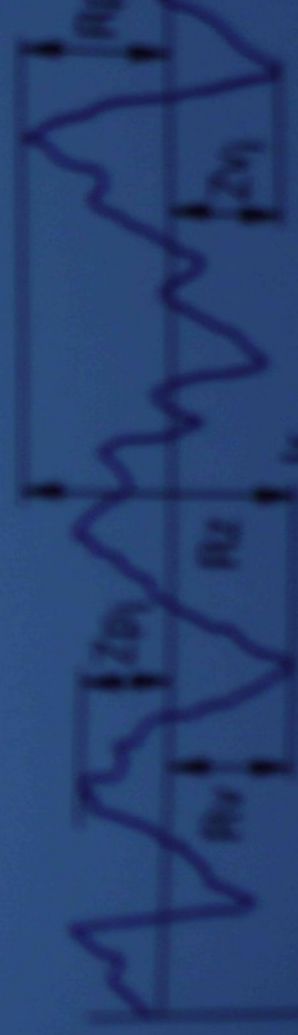
DIN EN ISO 4287

- aritmetický střed absolutních odchylek filtrovaného profilu drsnosti od střední čáry uvnitř základní délky l_r
- vypovídací schopnost parametru je nízká, Ra nereaguje citlivě na extrémní výšky hrotů profilu a hloubky rýh profilu



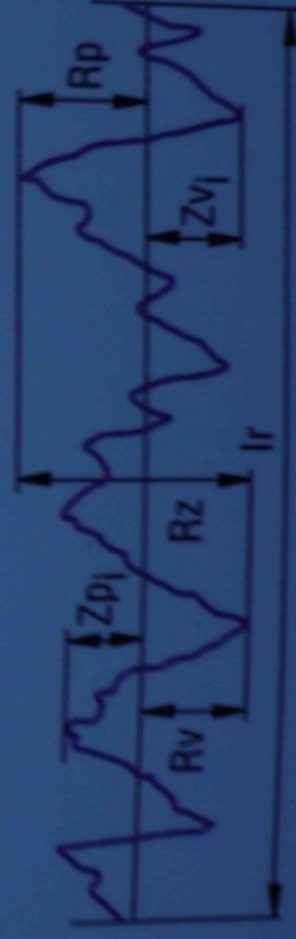
DIN EN ISO 4287

- součet výšky nejvyššího výstupu R_p a hloubky nejnižší rýhy R_v základní délky l_r
- R_p odpovídá dřívější DIN 49142 hloubce hlazení
- veličina odpovídá střední hloubce drsnosti dle DIN 4762



DIN EN ISO 4287

- součet výšky nejvyššího výstupku R_p a hloubky nejnižší rýhy R_v uvnitř základní délky l_r
- R_p odpovídá dřívější DIN 4962 hloubce hlazení
- veličina odpovídá střední hloubce drsnosti dle DIN 4762

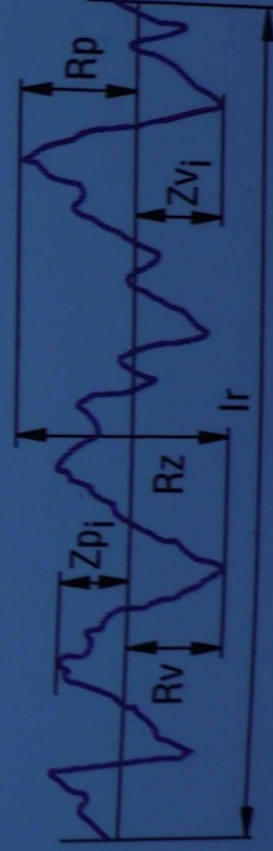


DIN EN ISO 4287

- součet výšky nejvyššího výstupku R_p a hloubky nejnižší rýhy R_v uvnitř základní délky l_r

- R_p odpovídá dřívější DIN 4962 hloubce hlazení

- veličina odpovídá střední hloubce drsnosti dle DIN 4762





VECTOR
POWER HEAD

TIME
FORCE APPLICATION
FORCE LIMITS
COARSE CONTROL
WATER DISPENSER
INCREASE
DECREASE
SELECT MODE
STOP

BUEHLER


PHOENIX BETA
GRINDER/POLISHER

SPEED
30 100 200 300 400 500

OFF POWER ON

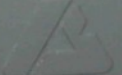
BUEHLER



 BUEHLER

SimpliMet® 1000
AUTOMATIC MOUNTING PRESS



 BUEHLER



SimpliMet 1000
AUTOMATIC MOUNTING PRESS

BUEHLER

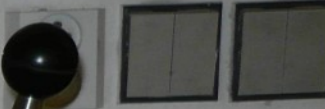
Control panel featuring a digital display, navigation buttons, and power controls.

- Left arrow button
- Right arrow button
- Red power button with "ON" and "OFF" labels
- Power indicator light
- Small circular logo at the bottom left of the panel

BUEHLER



Model	Power (kW)	Speed (rpm)	Weight (kg)
SCM 100	100	0.4	11.000
SCM 150	150	0.4	11.000
SCM 200	200	0.4	11.000
SCM 250	250	0.4	11.000
SCM 300	300	0.4	11.000
SCM 350	350	0.4	11.000
SCM 400	400	0.4	11.000
SCM 450	450	0.4	11.000
SCM 500	500	0.4	11.000
SCM 550	550	0.4	11.000
SCM 600	600	0.4	11.000
SCM 650	650	0.4	11.000
SCM 700	700	0.4	11.000
SCM 750	750	0.4	11.000
SCM 800	800	0.4	11.000
SCM 850	850	0.4	11.000
SCM 900	900	0.4	11.000
SCM 950	950	0.4	11.000
SCM 1000	1000	0.4	11.000





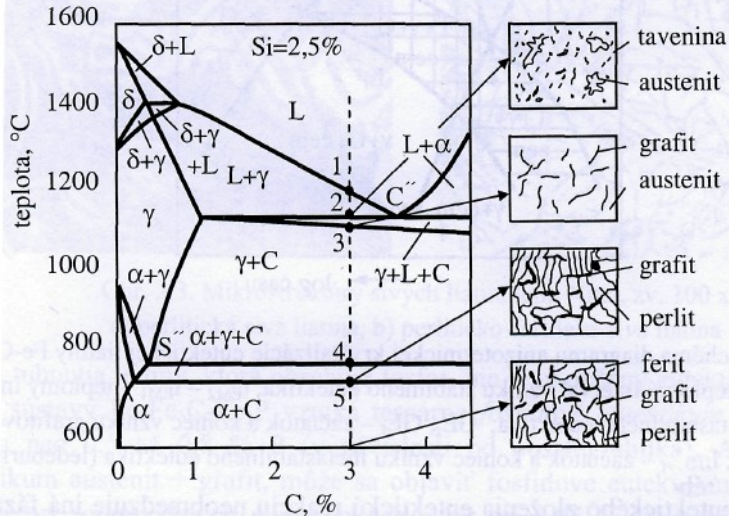


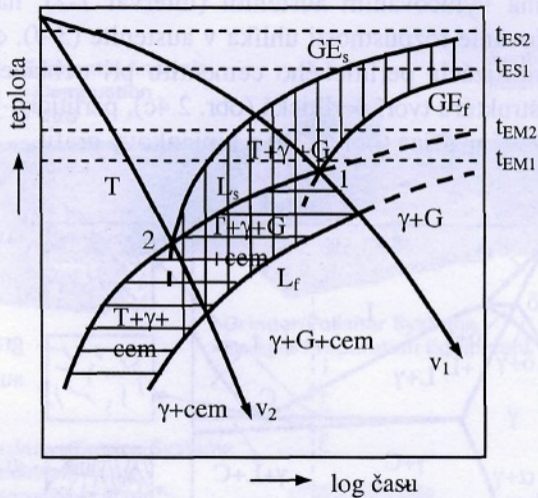




2591

AC

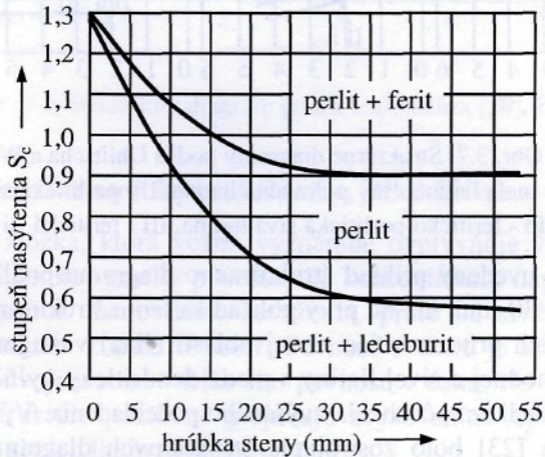




$$S_C = \frac{\% C}{4,3 - 0,312.\% Si - 0,275.\% P}$$

Očkovadlo	Obsah základných prvkov, % (Fe zvyšok)	Poznámka
Zlievar. FeSi75	Min. 68 Si, max. 0,5 Mn, max. 1,7 Al, max. 0,4 Cr	OFZ Istebné
SIMANCAL	Si 70-75, Mn 2-4, Ca 0,8-2, Al 1-2	OFZ Istebné
Foundry-Grade 75	Si 75±2, Al max. 1,25, Ca 0,8±0,2	ELKEM
Foundrysil 75	Si 75±2, Al max. 1,25, Ca 1,0±0,25, Ba 1,0±0,25	ELKEM
Superseed 75	Si 75±2, Al max. 0,5, Ca max. 0,1, Sr 0,8±0,2	ELKEM
Zirconic	Si 75±Al 1,25±0,25, Ca 2,25±0,25, Zr 1,55±0,25	ELKEM
Inogen 75	Si cca 75, Al+Ca cca 2,5	SKW
Inoculoy 63	Si 60-65, Mn 7-12, Ca 1,5-3, Ba 4-6, Al 1-1,5	SKW
Optinoc Z	Si 73-78, Zr 1,2-2,0, Ca 1,5-3,5, Al 1,2-2,2	SKW
SB 5	Si 64-70, Ba cca 2, Al cca 1,5, Ca cca 1	SKW
Inoculin	Si cca 65, Zr cca 5, Ca cca 1,3, Mn cca 3,5, Al cca 1,3	FOSECO

$$S_c = \frac{\% C}{4,26 - 0,31.\% Si - 0,27.\% P - 0,04.\% S - 0,074.\% Cu + 0,063.\% Cr + 0,027.\% Mn}$$



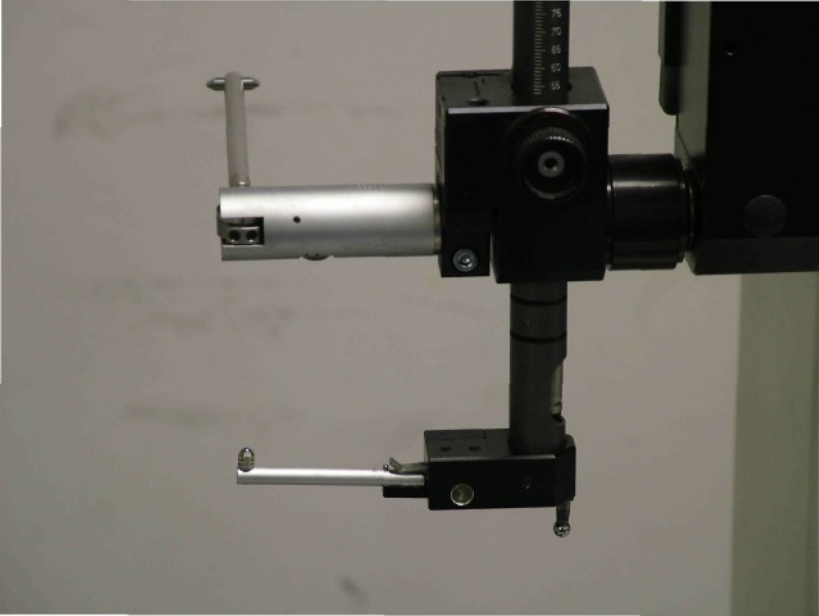
Empirické vzťahy pre výpočet medze pevnosti v ťahu

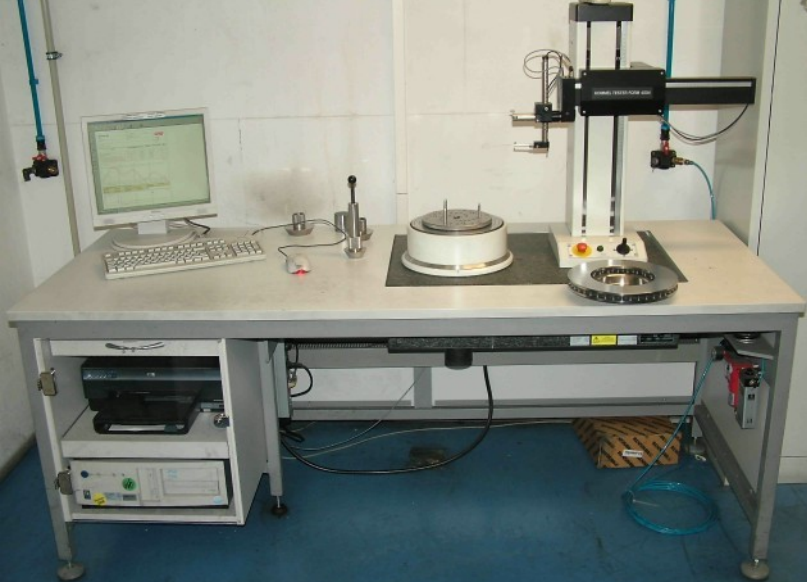
Ø tyčky [mm]	Rovnica pre R_m [MPa]
7,5	$840 - 415.S_c$
10	$920 - 555.S_c$
15	$990 - 700.S_c$
20	$1010 - 770.S_c$
30	$1020 - 825.S_c$
40	$1015 - 850.S_c$
50	$1005 - 850.S_c$
60	$990 - 850.S_c$
90	$950 - 850.S_c$

Kritický obsah hliníka a síry

Obsah síry , hm. %	0,06	0,08	0,10	0,12
Obsah Al_{\max} , hm. %	0,012	0,007	0,005	0,004



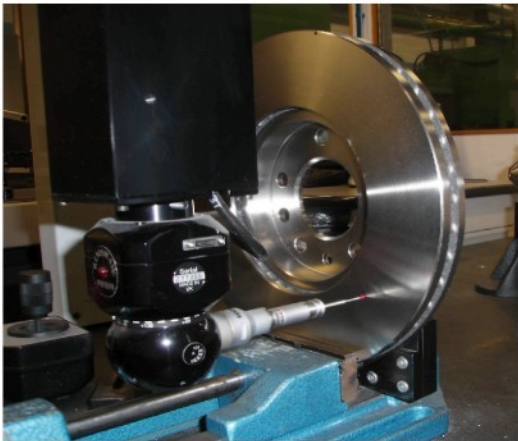
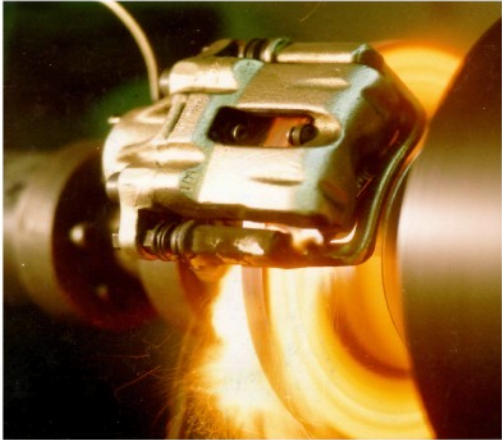
















CSF 10

Užití: CSF 10 se používá jako očkovací látka pro litinu s lamelovým grafitem a litinu s kuličkovým grafitem. Při očkování litiny lamelovým grafitem dochází i k účinnému očkování vlivem tvorby sulfidů a oxidů smíšených kovů. Při očkování litiny s kuličkovým grafitem neutralizuje CSF 10 škodlivé stopové prvky, zvláště pak jedná-li se o slitiny FeSiMg bez obsahu smíšených kovů.

Analýza:	% Si	36 - 45
	% SE	9 - 15
	% Al	cca. 0,8
	% Ca	0,4 - 1,0
	% Fe	Zbývající množství

Přídavek: Při očkování šedé litiny činí množství přídavku 0,05 - 0,2 % hmotnosti, při očkování tvárné litiny je přídavek očkovací látky 0,1 - 0,25 %.

Dodávka: Granulát GSK (granulát pro očkování v proudu)
0,6 - 2 mm

Balení: papírové pytle po 25 kg nebo sudy po 100kg

Skladovatelnost: CSF 10 má v originálním balení neomezenou skladovatelnost, nutno chránit před vlhkostí. Musí být dodržovány příslušné předpisy o nebezpečných látkách. Další informace poskytuje naše oddělení expedice.

Předpis pro přepravu: Ve smyslu dopravních předpisů se nejedná o nebezpečnou látku.







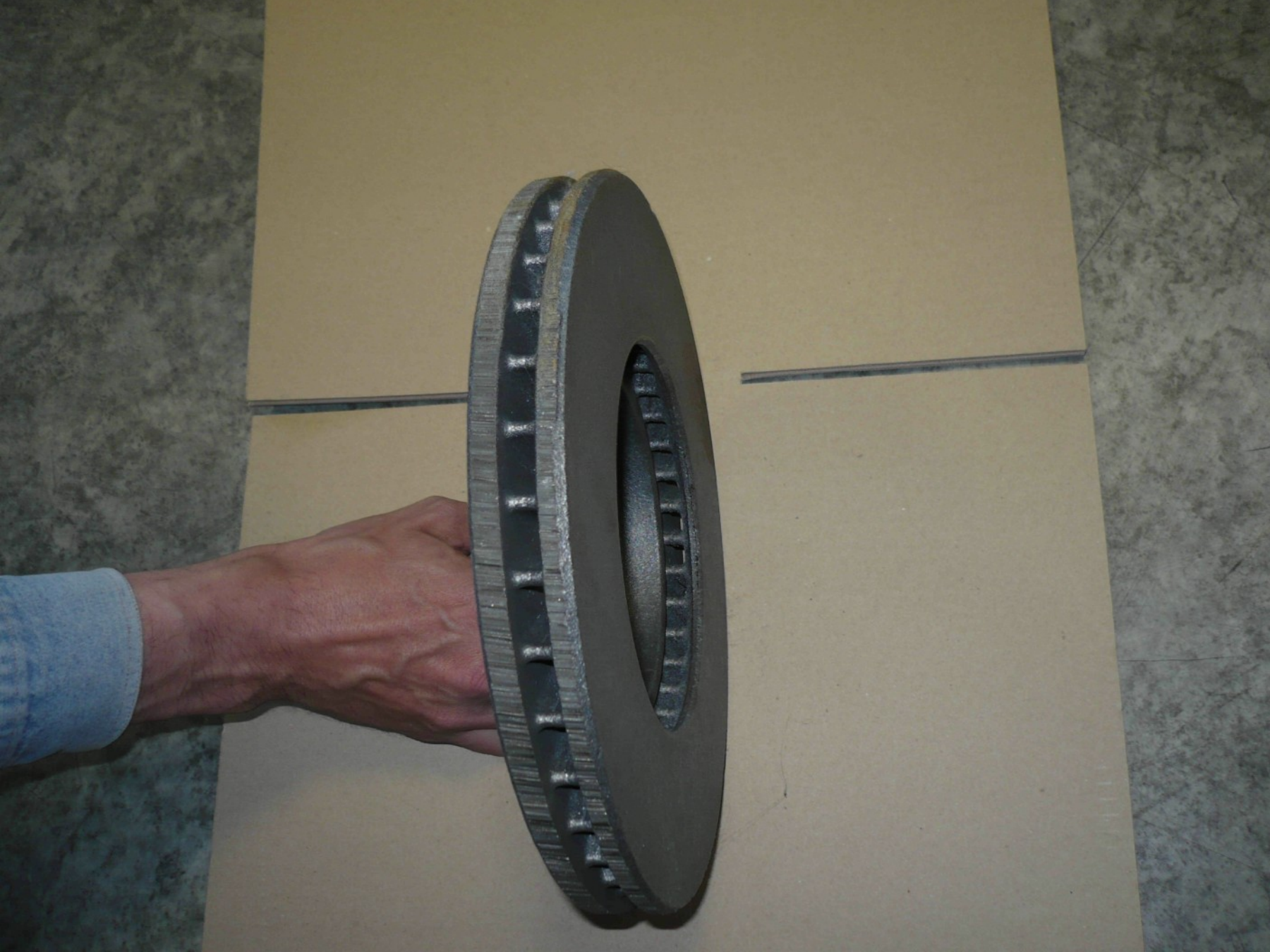


AM321

PDC

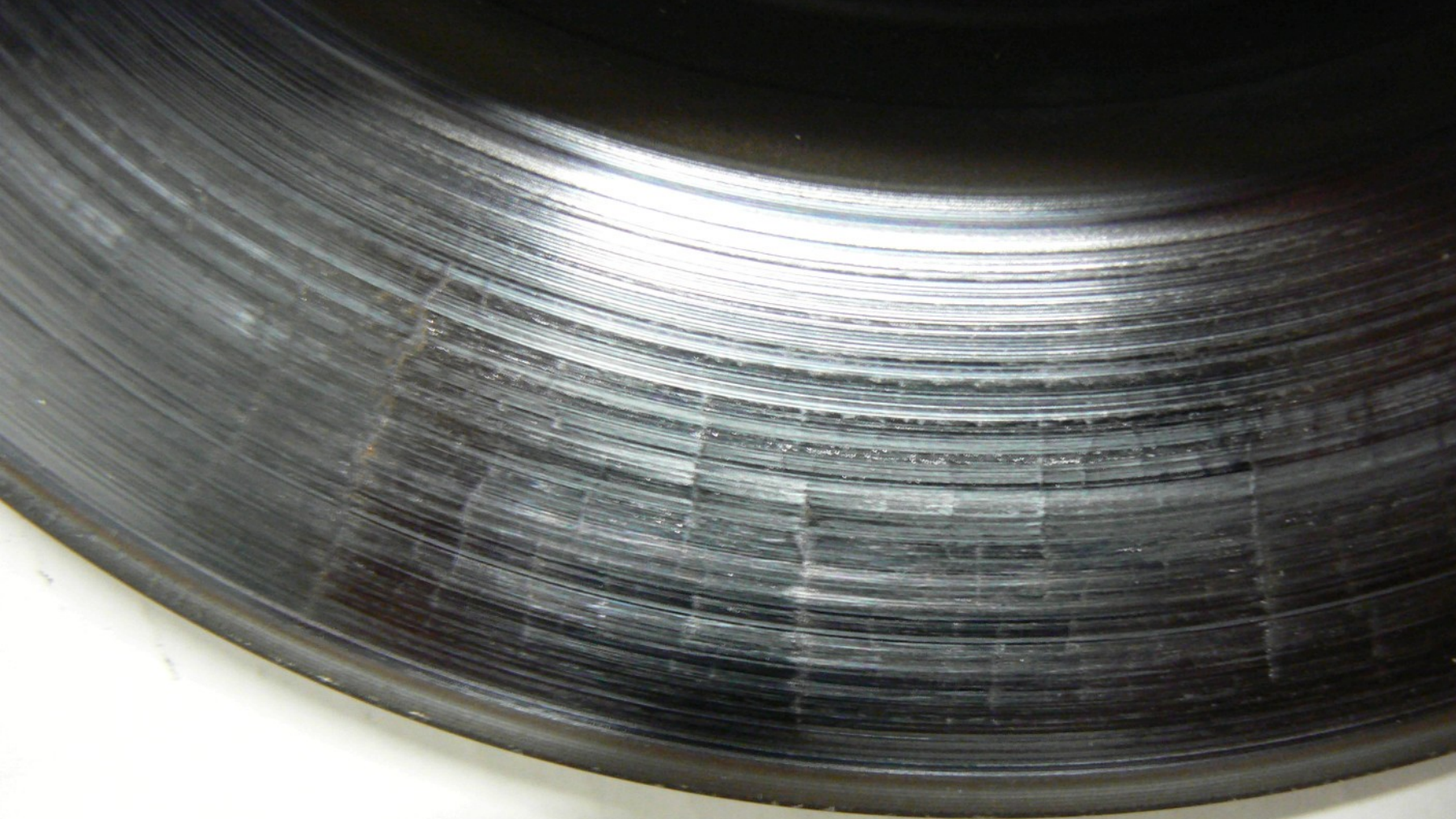
9178

9178

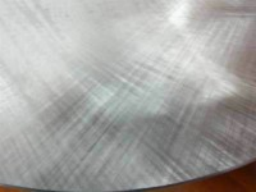


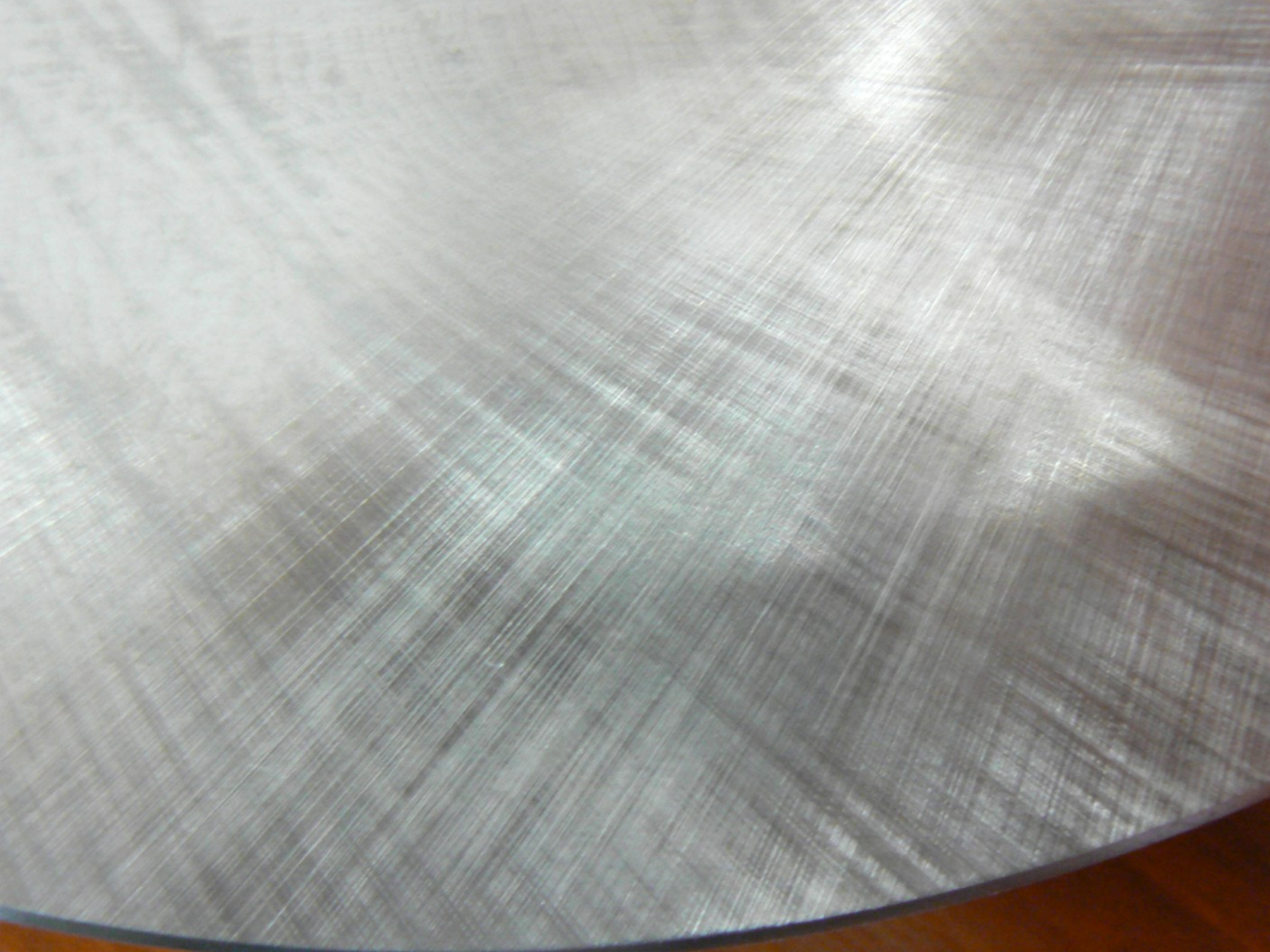


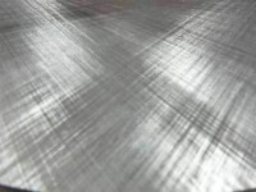
2591
AC

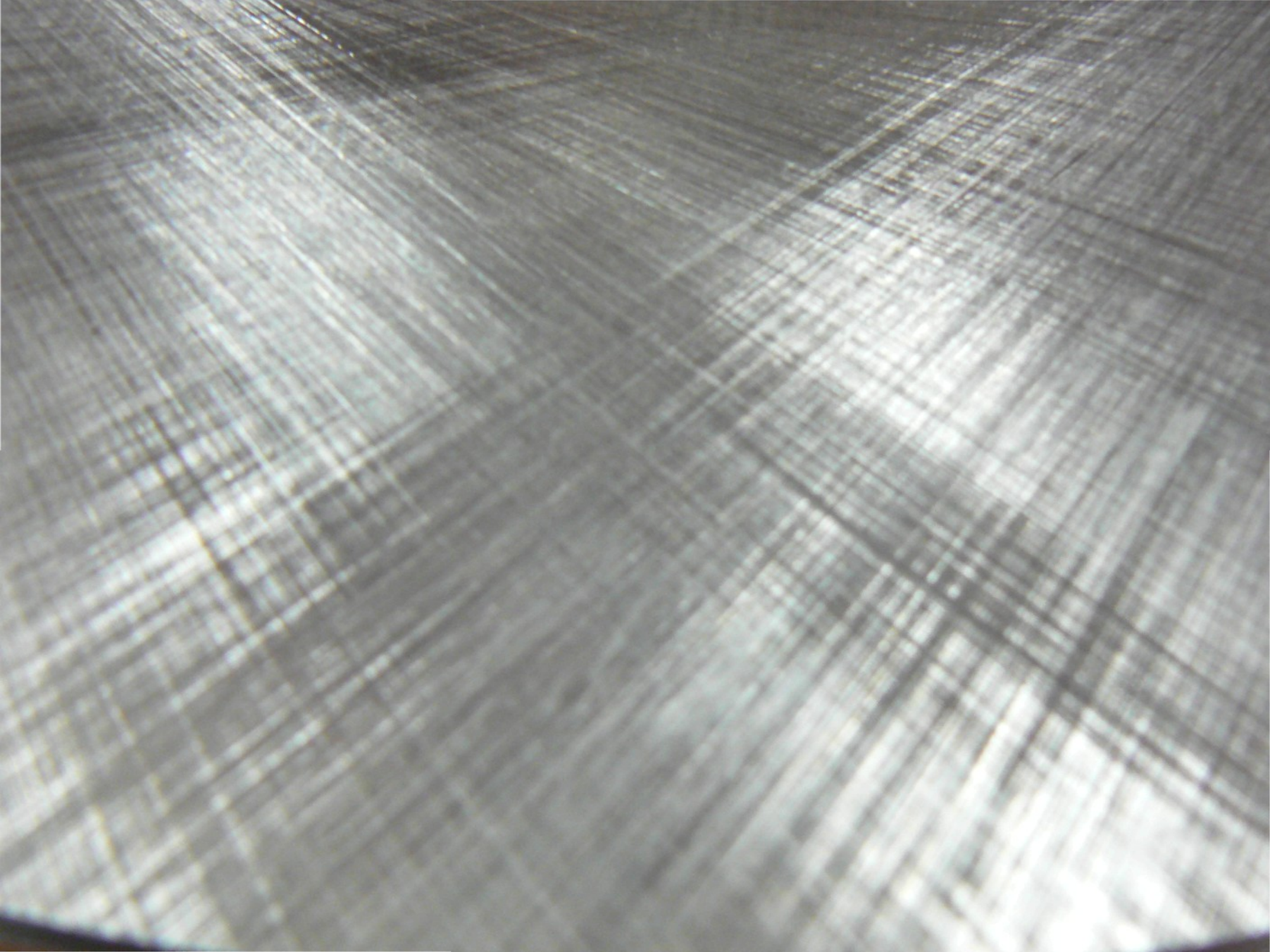


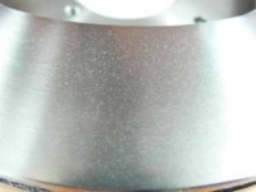






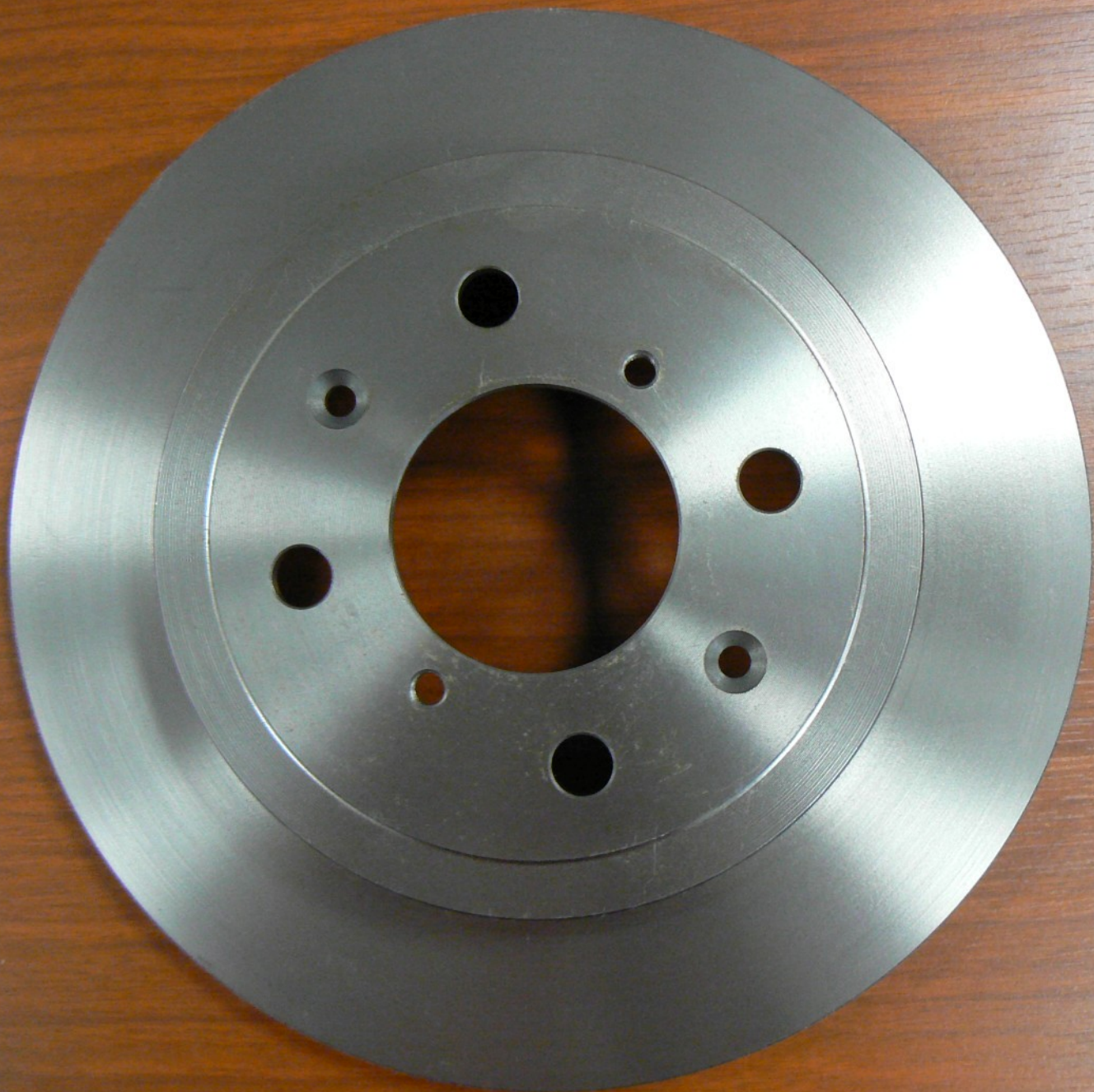






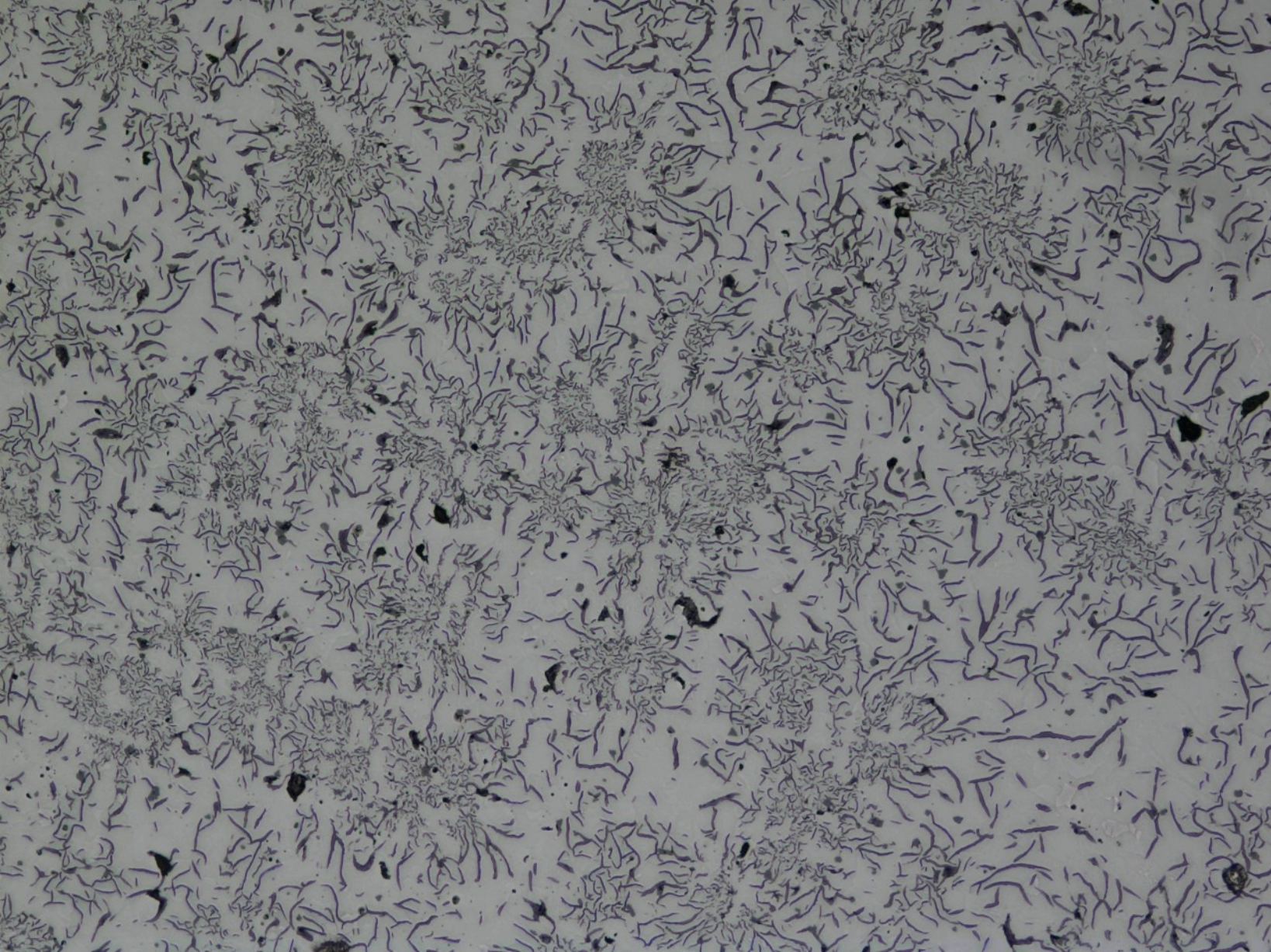




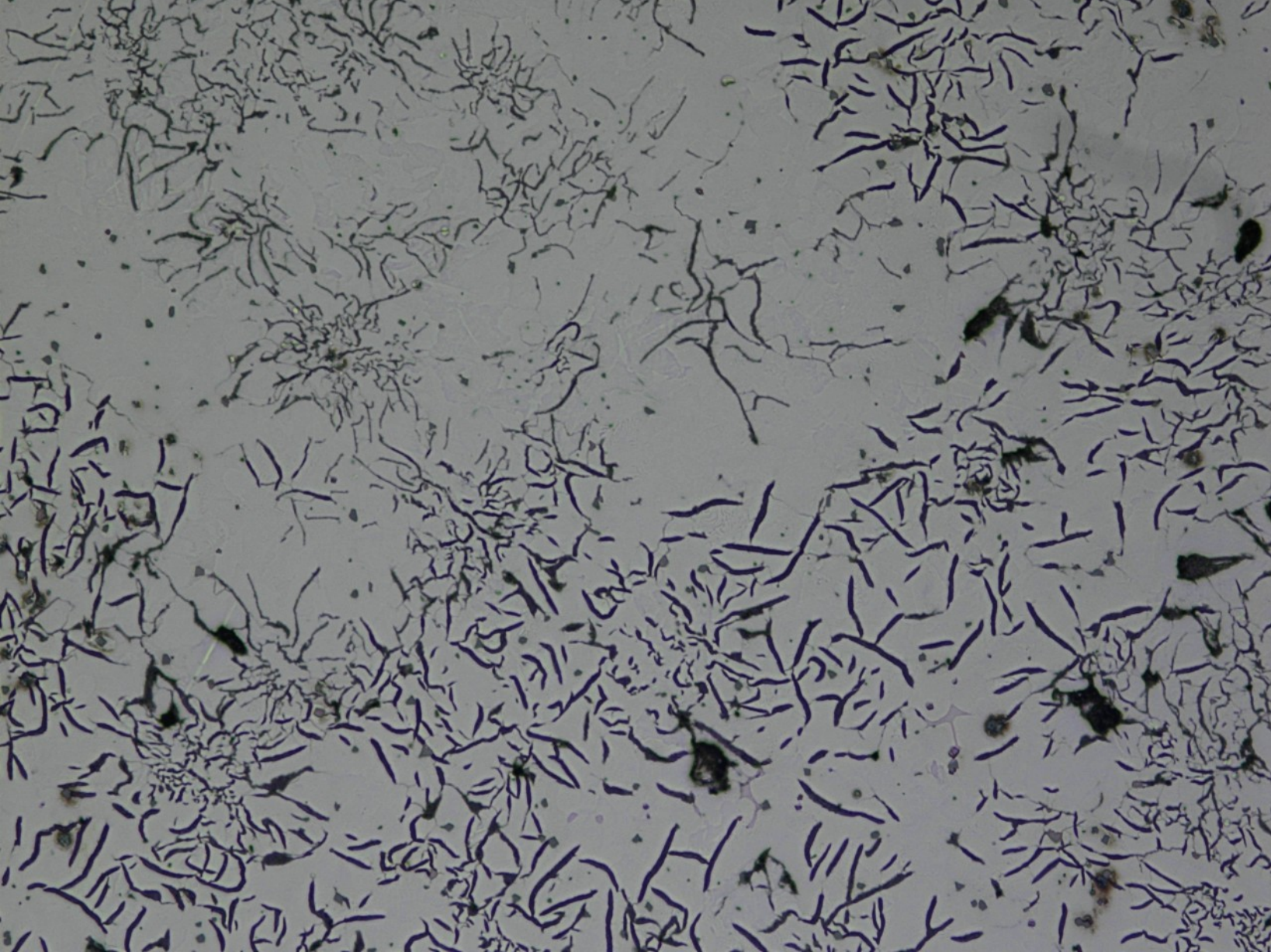


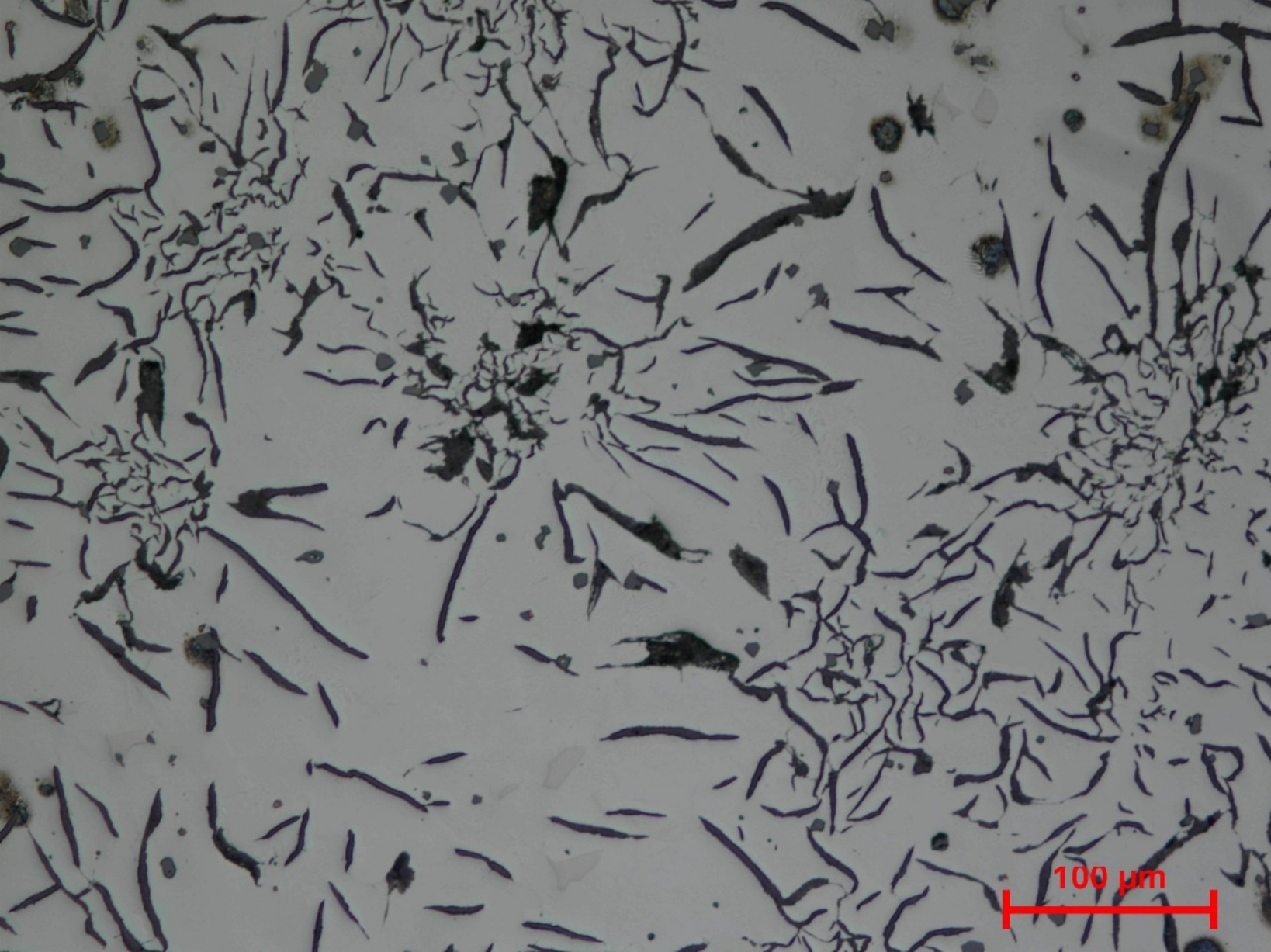


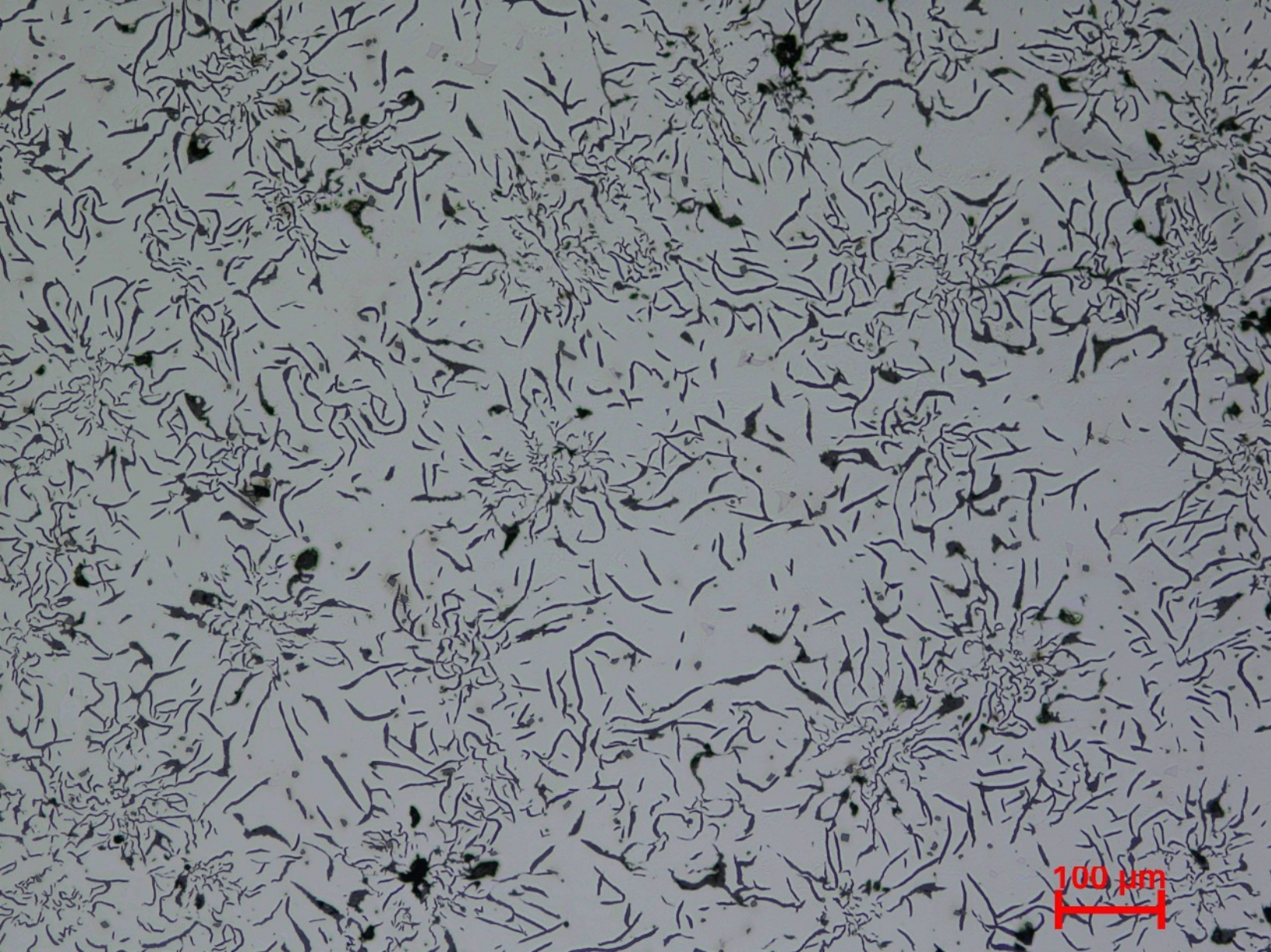






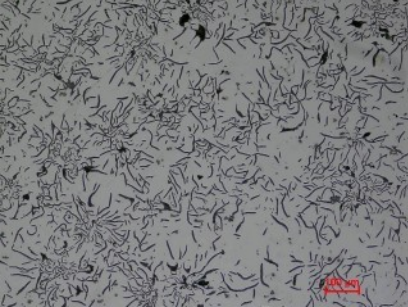




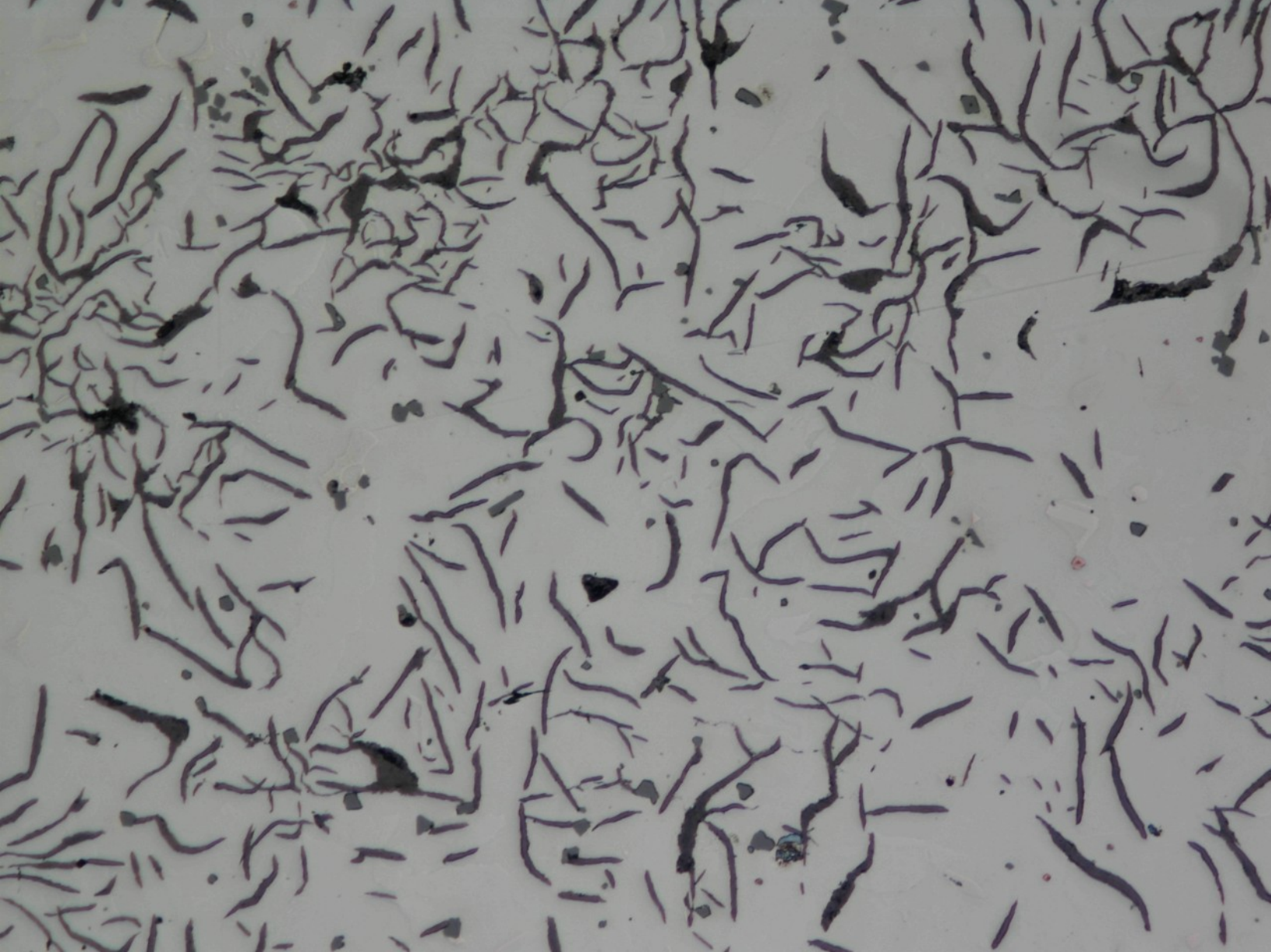


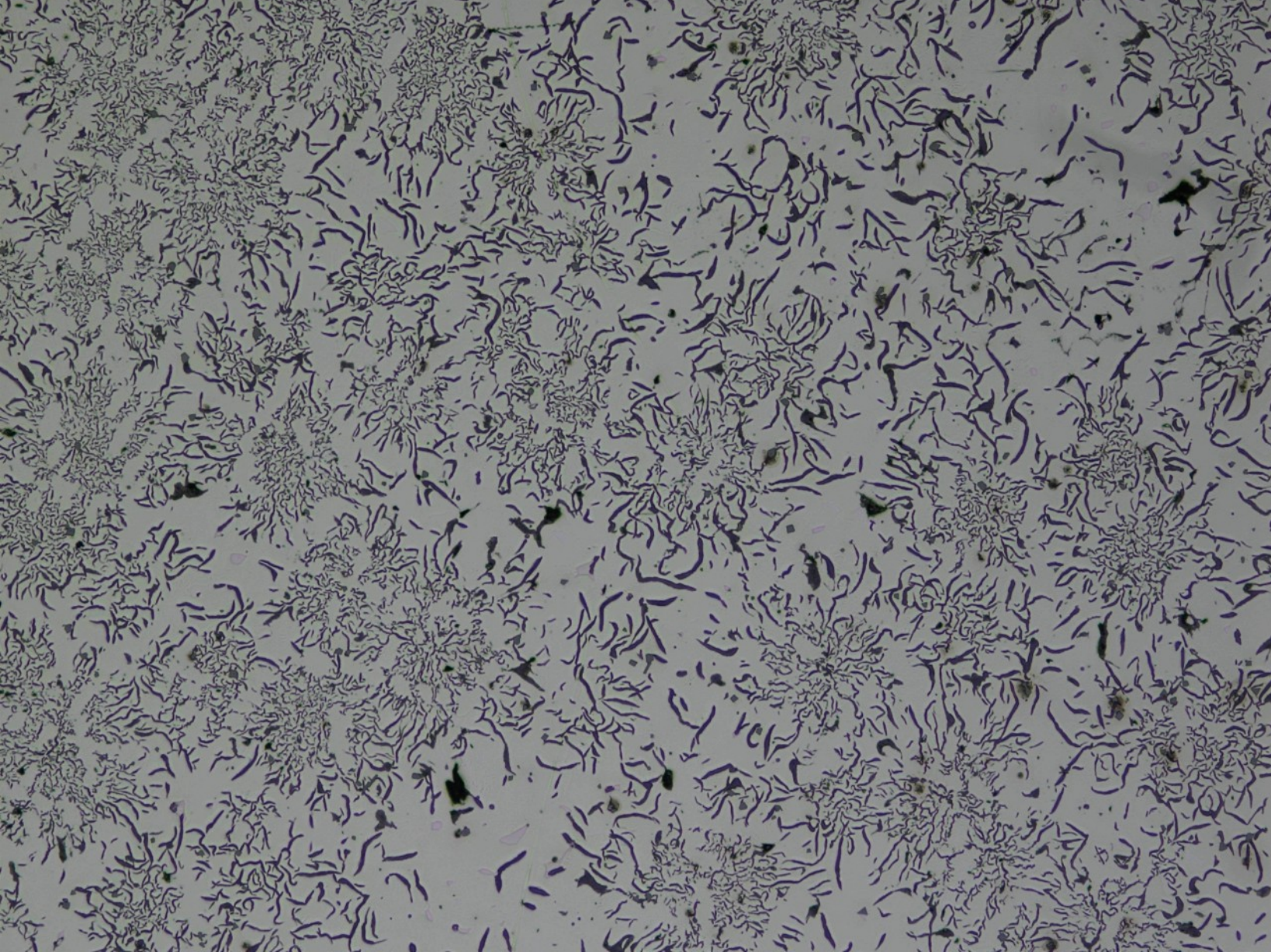
100 μm

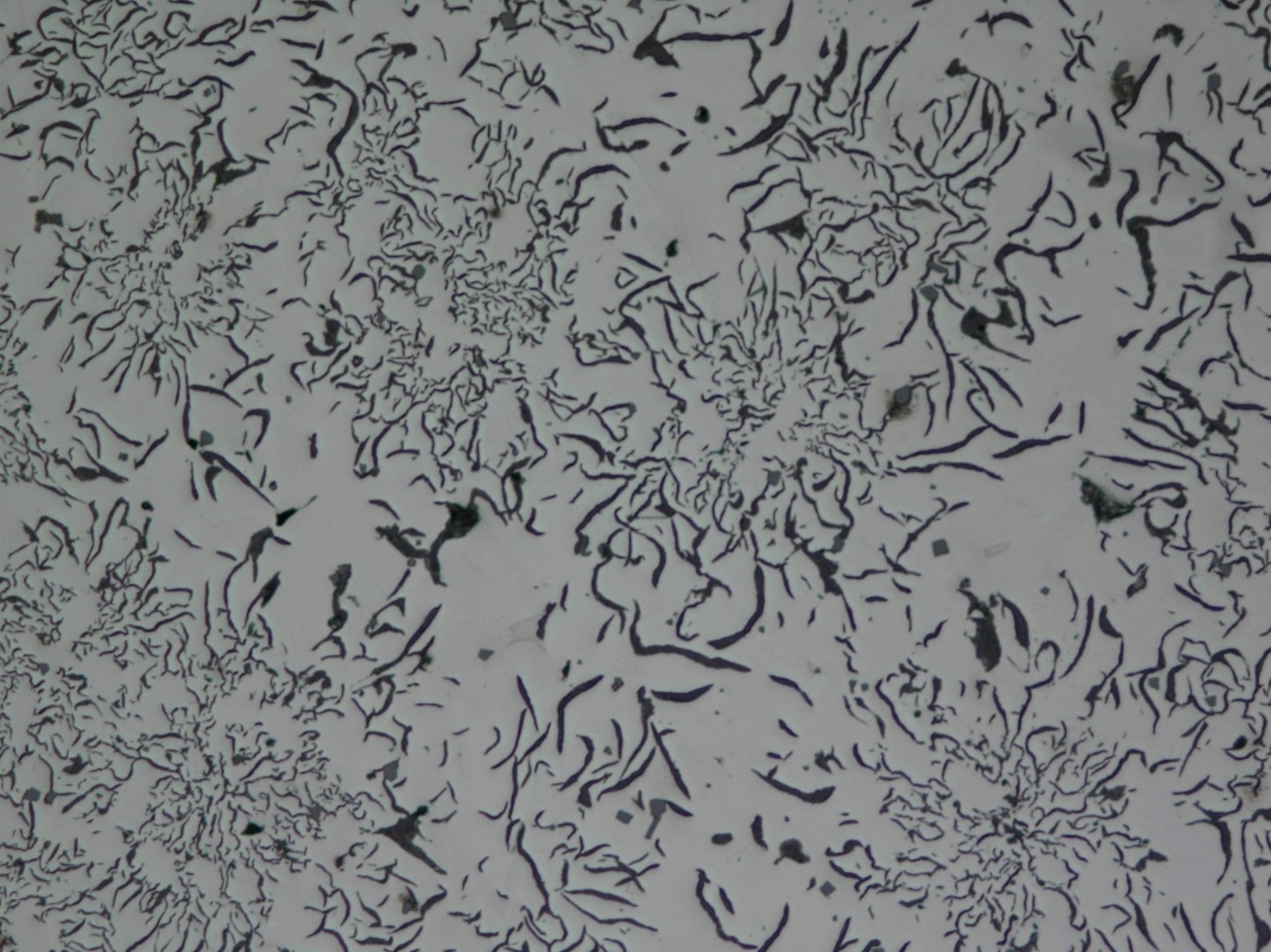


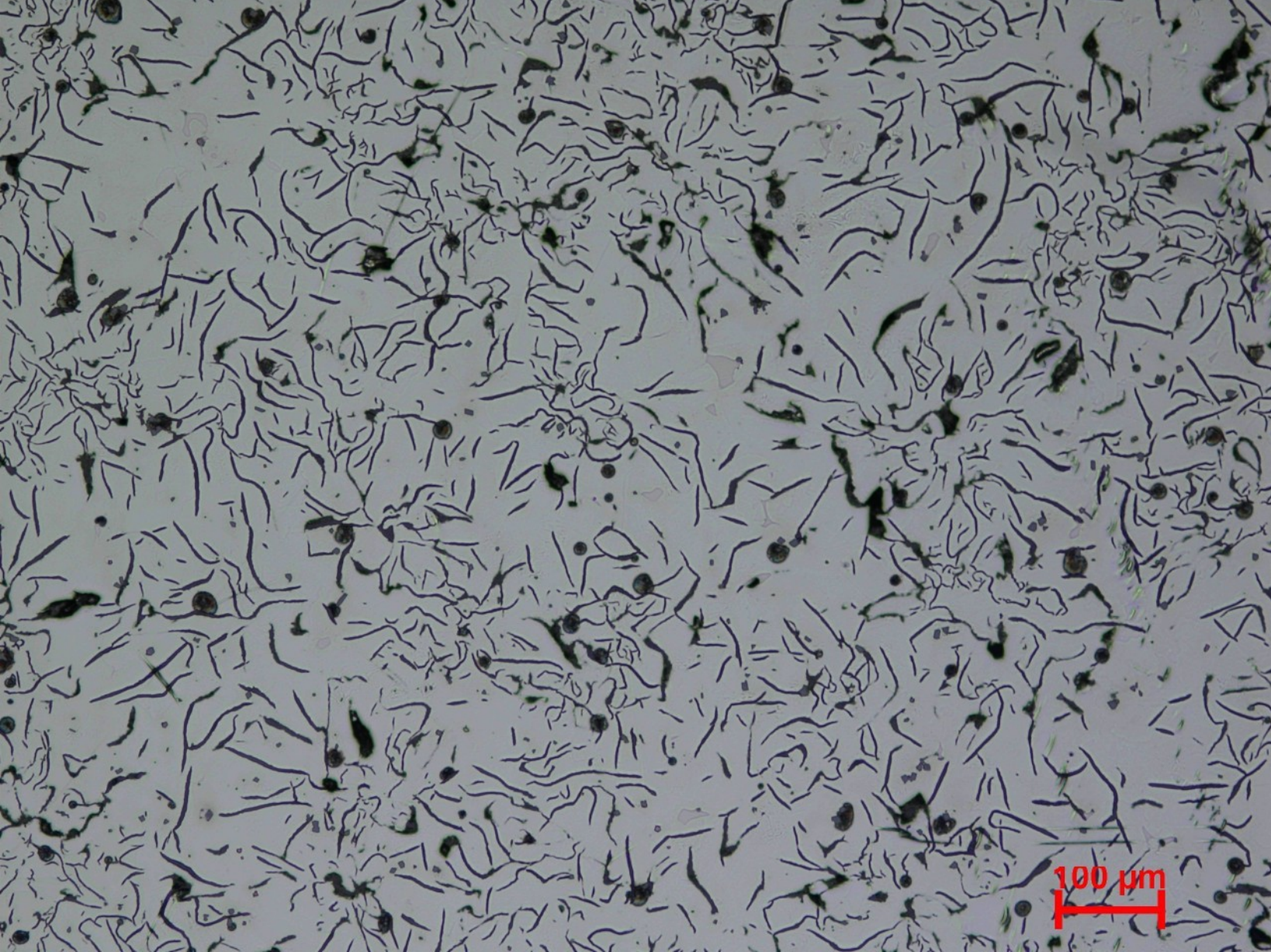


11

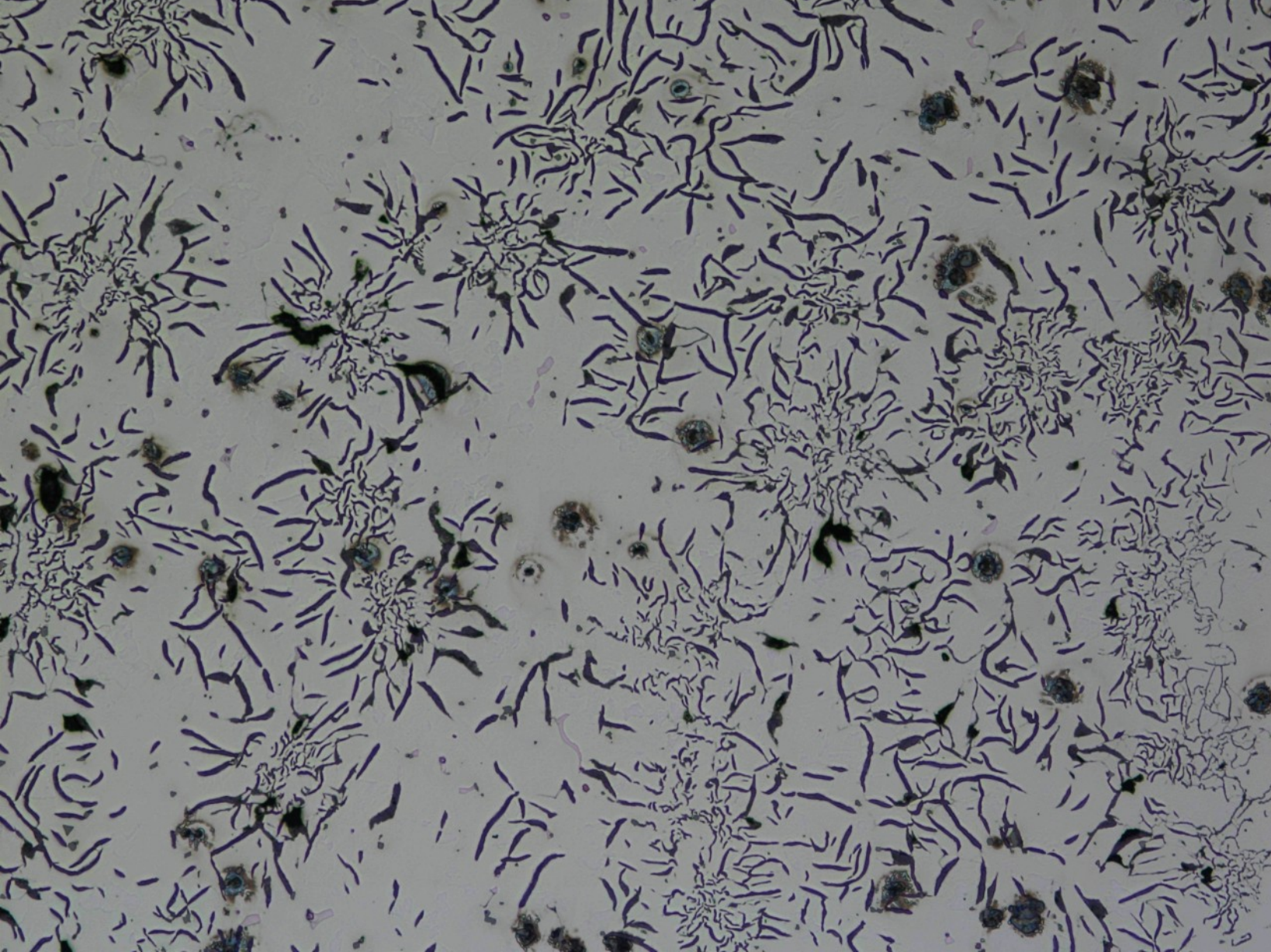




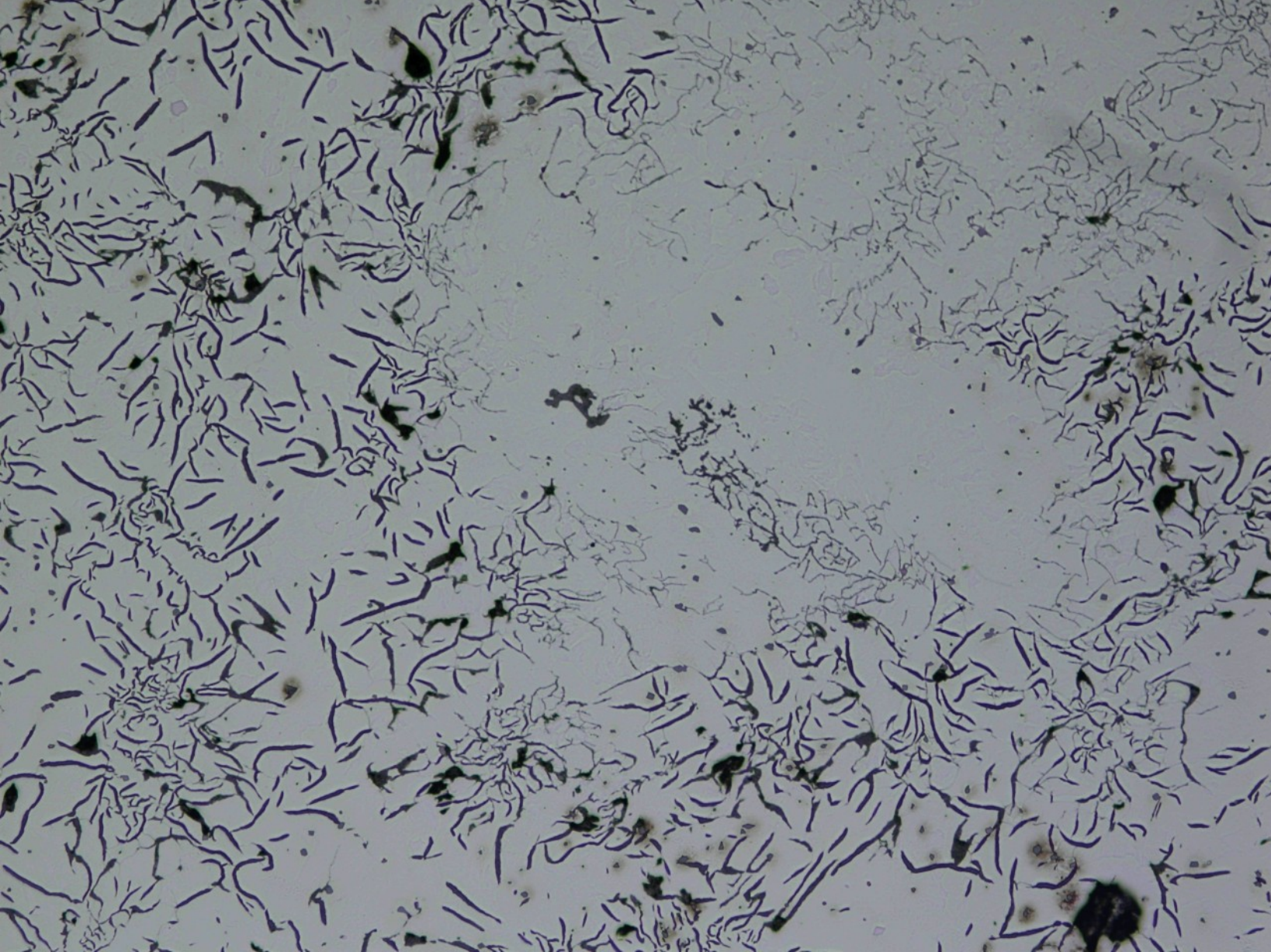


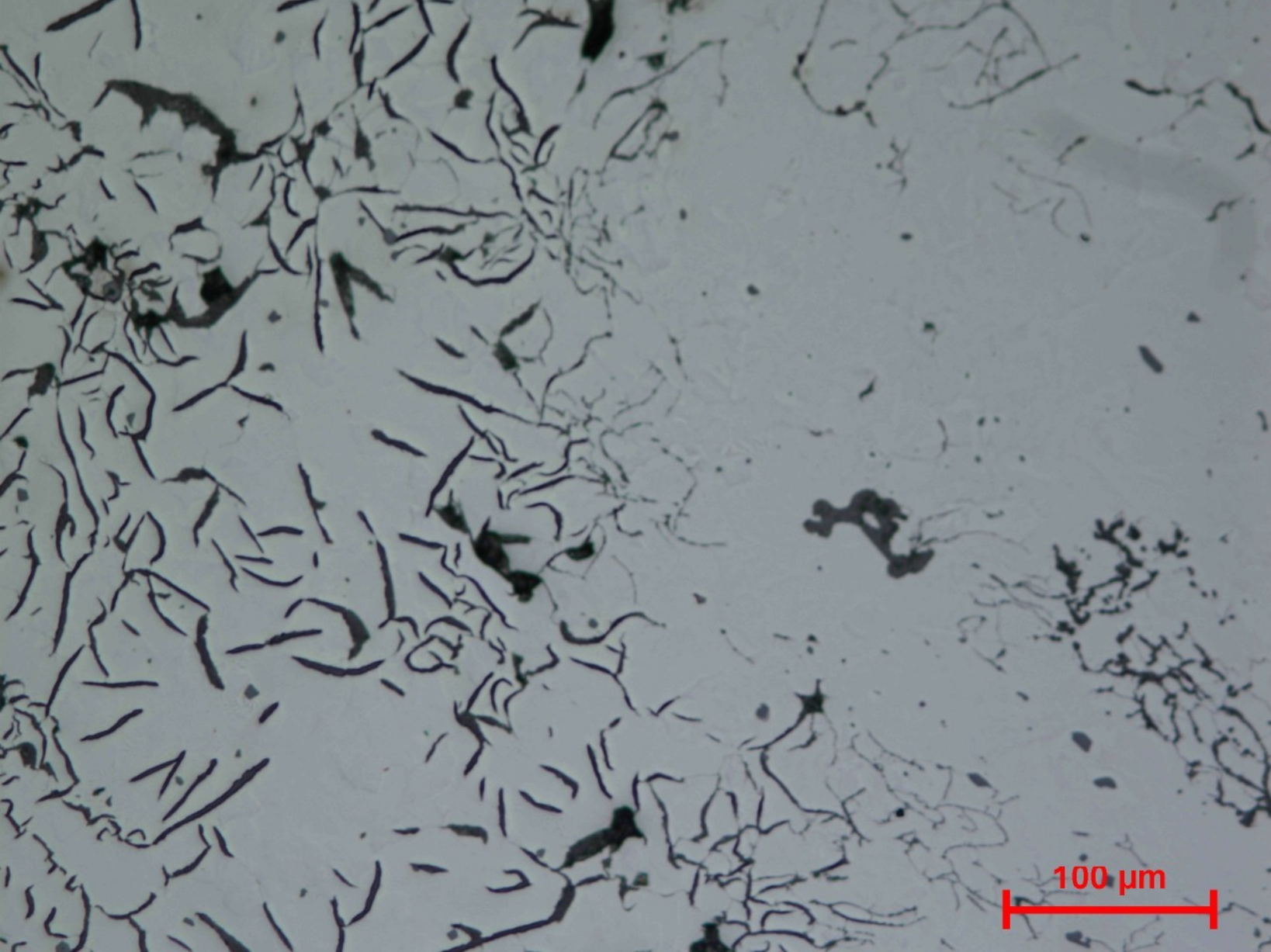




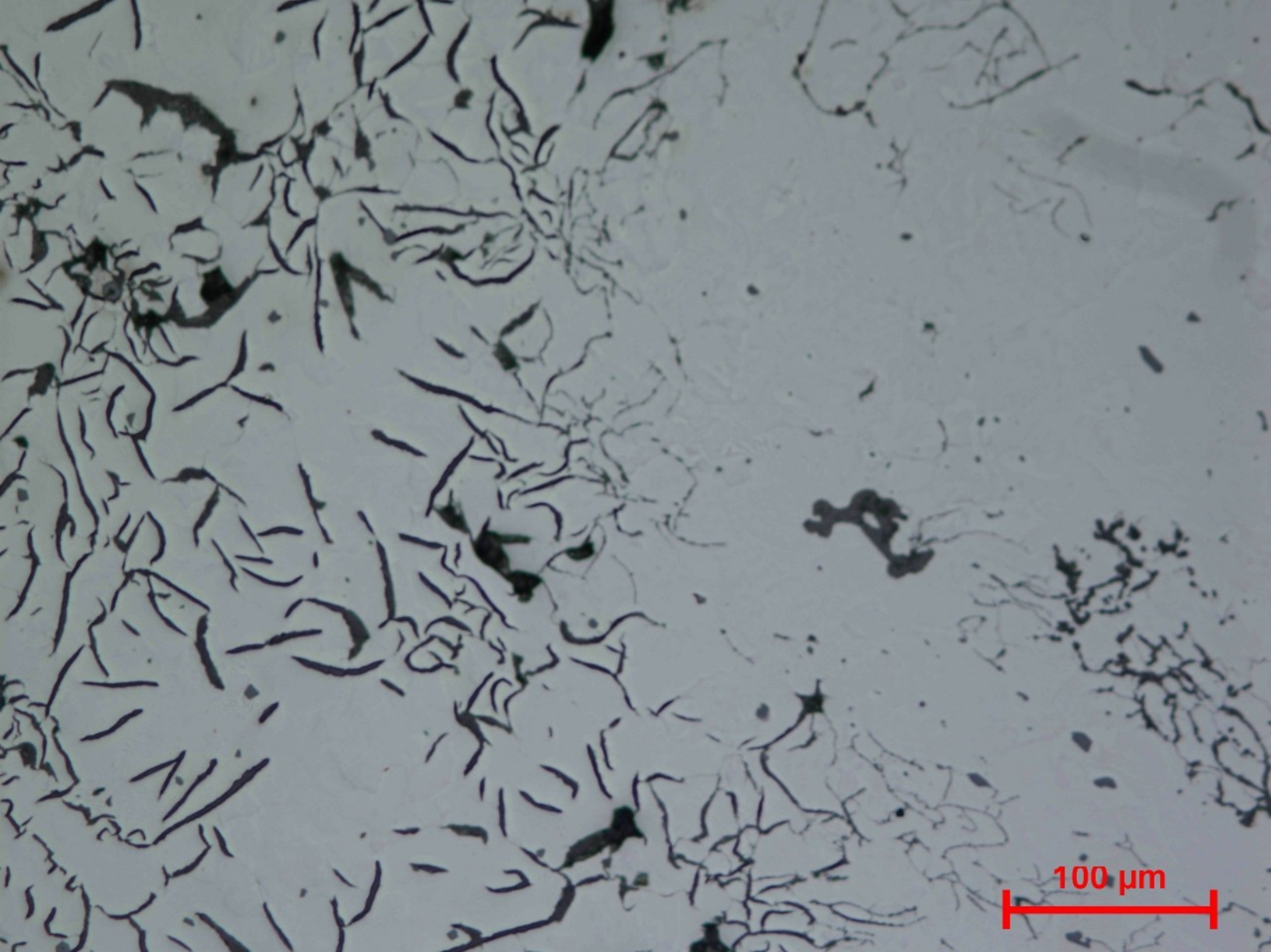




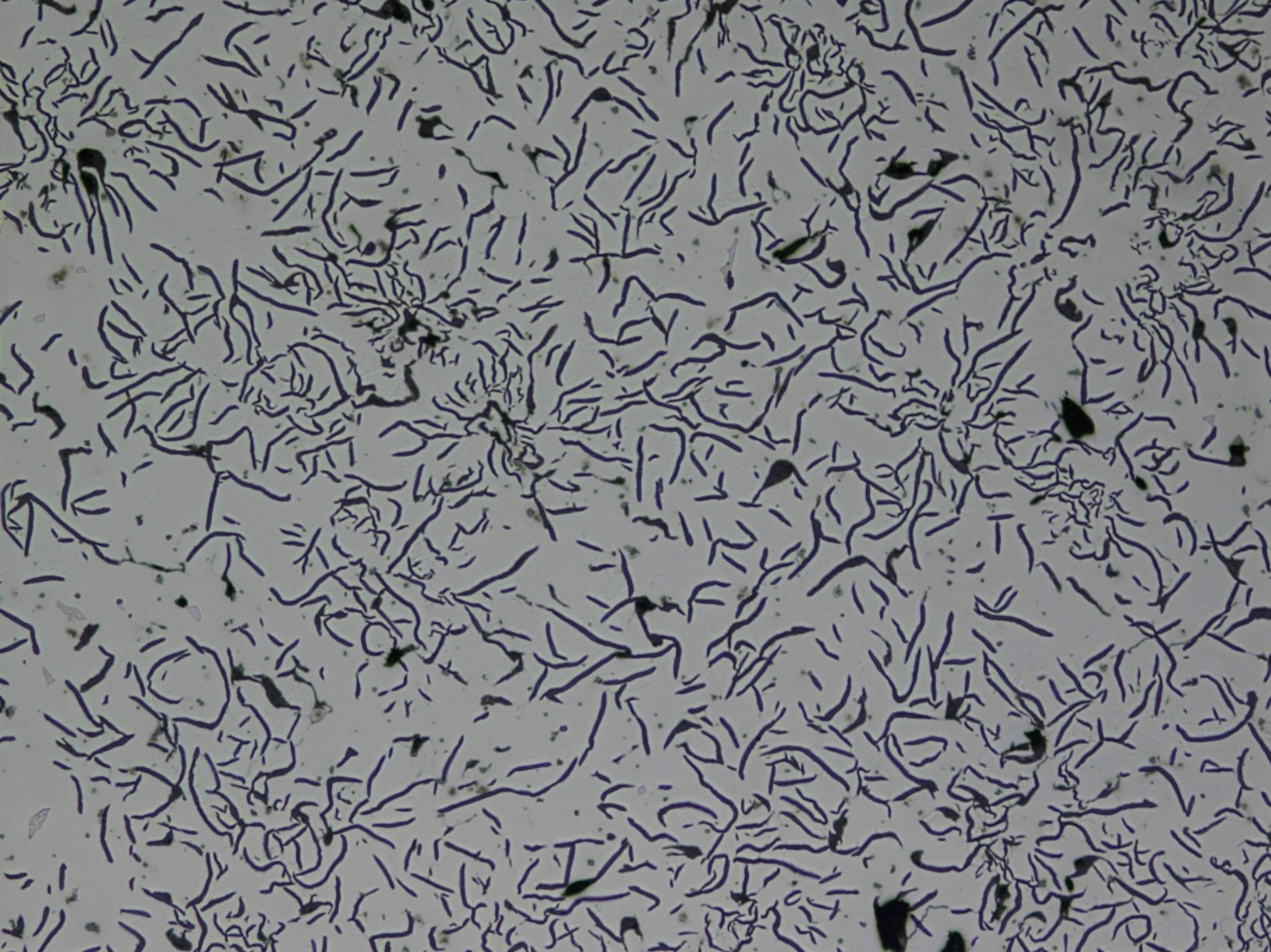


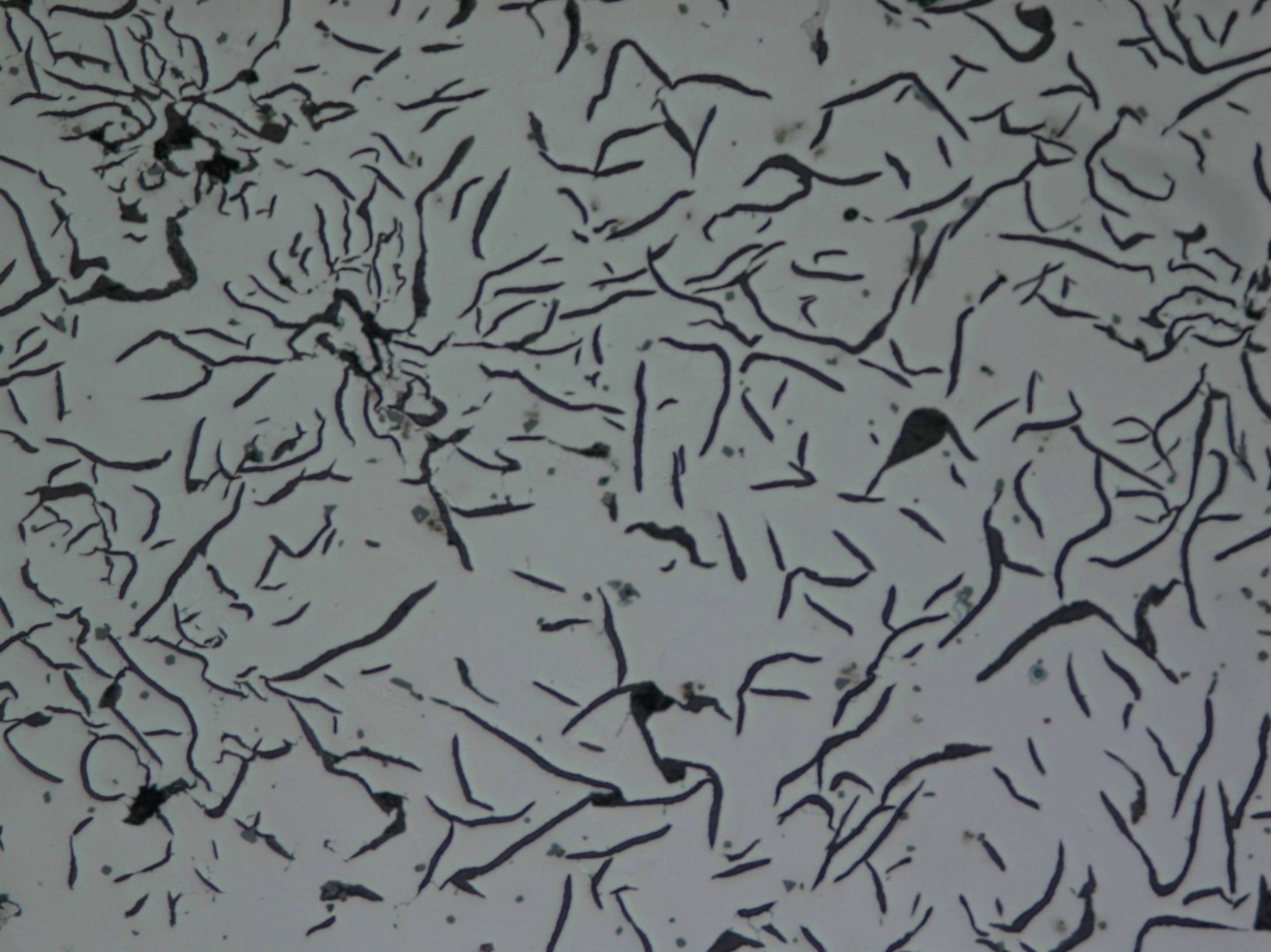


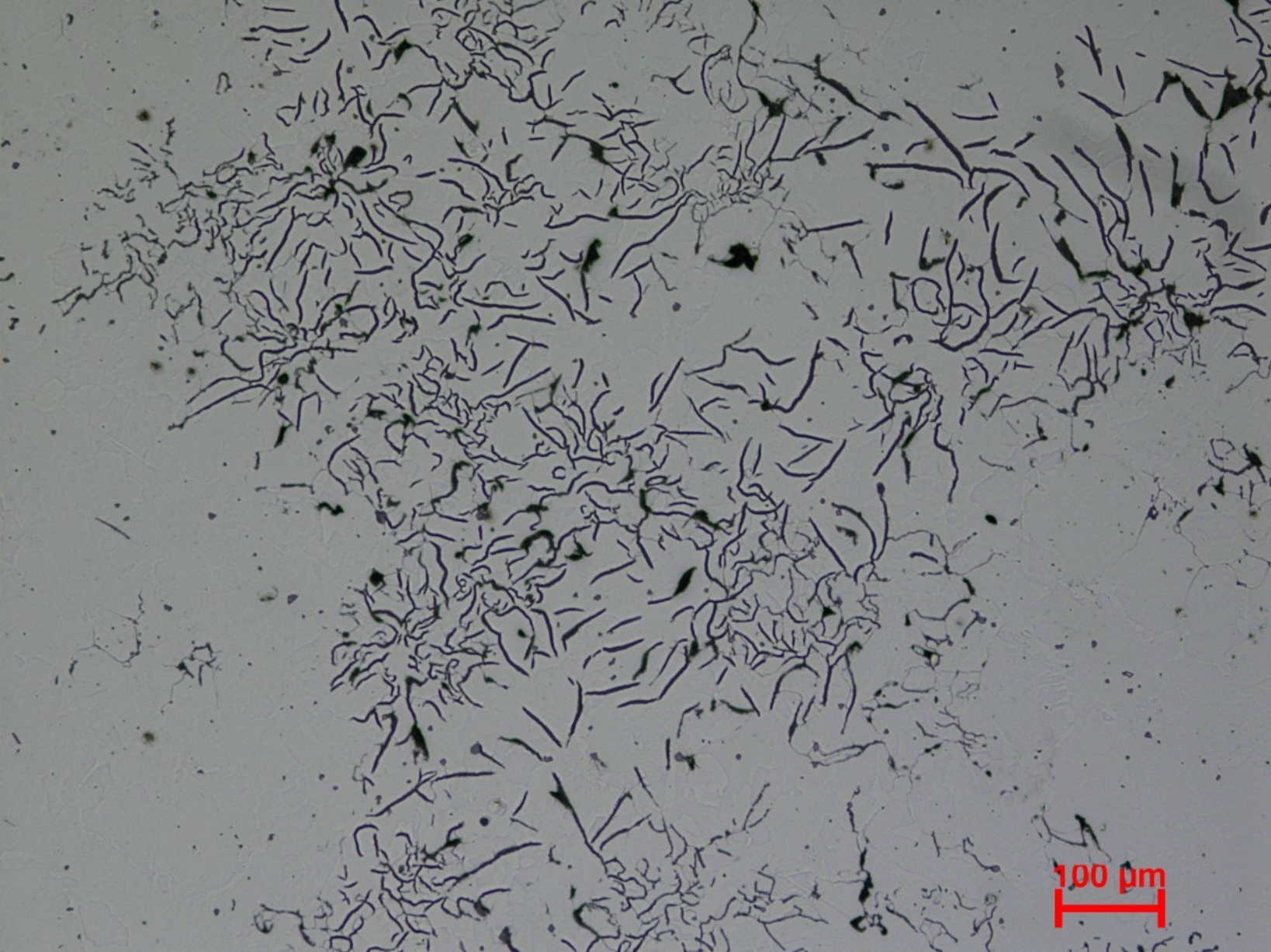
100 μm



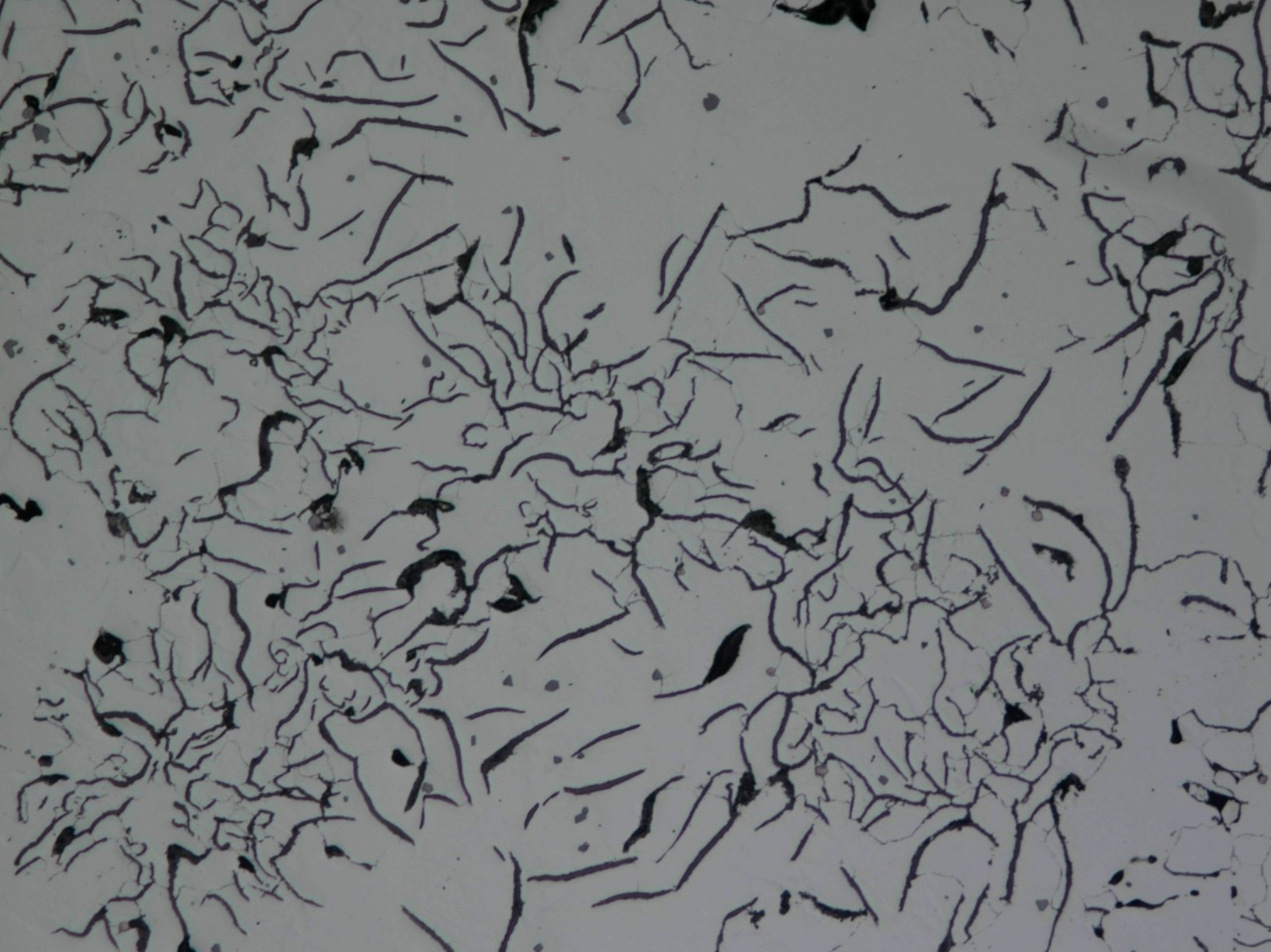
100 μm

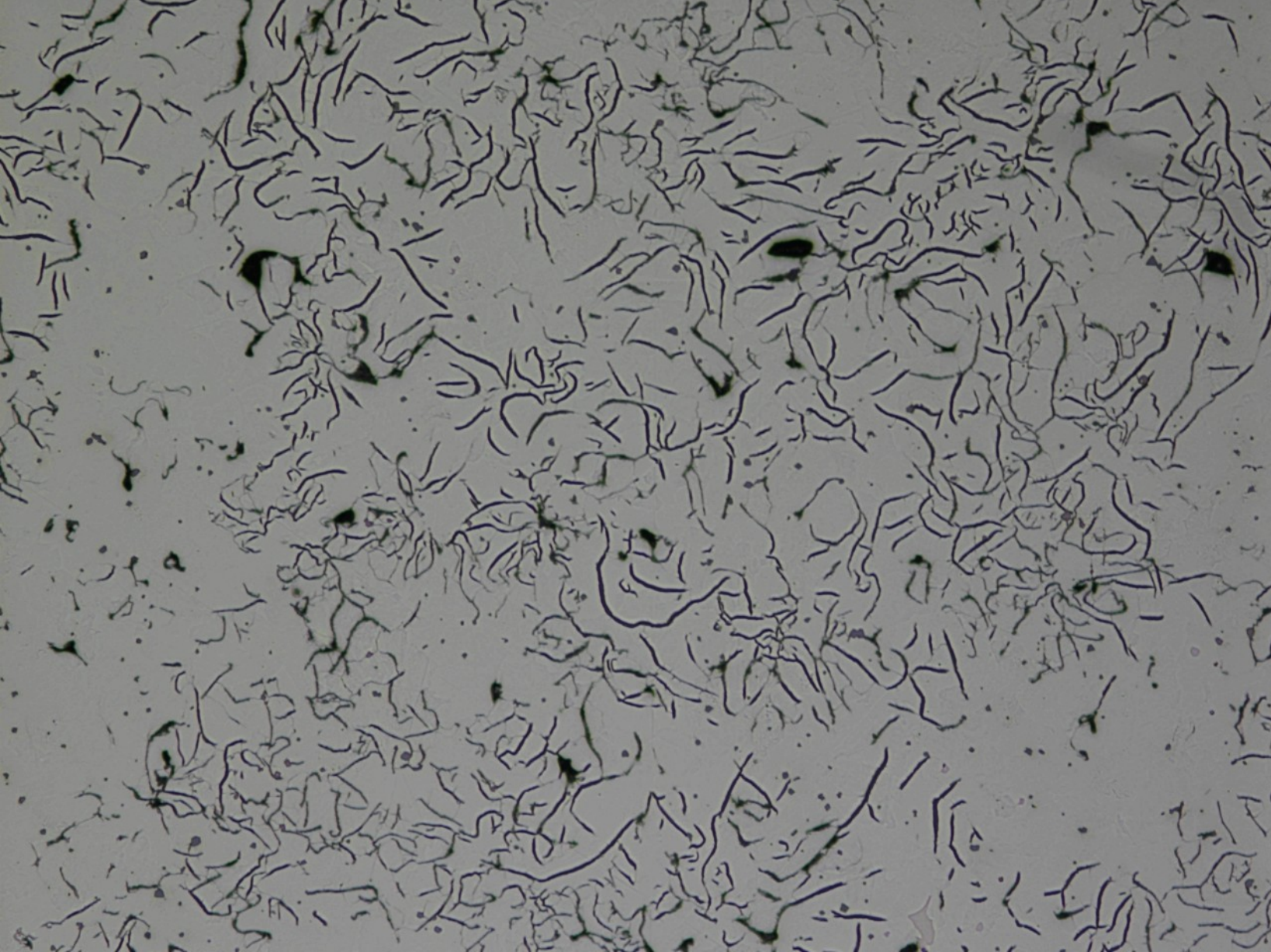


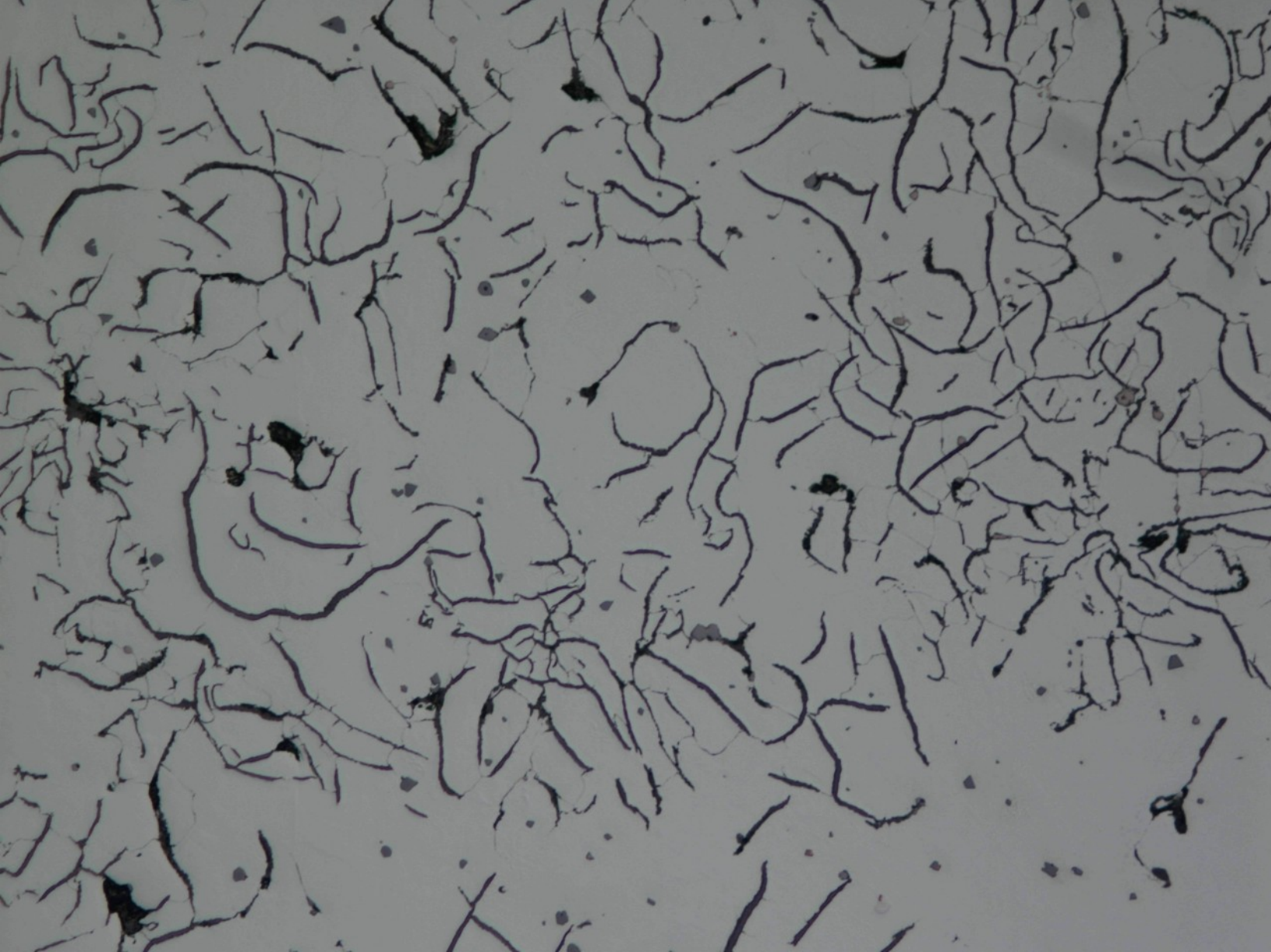




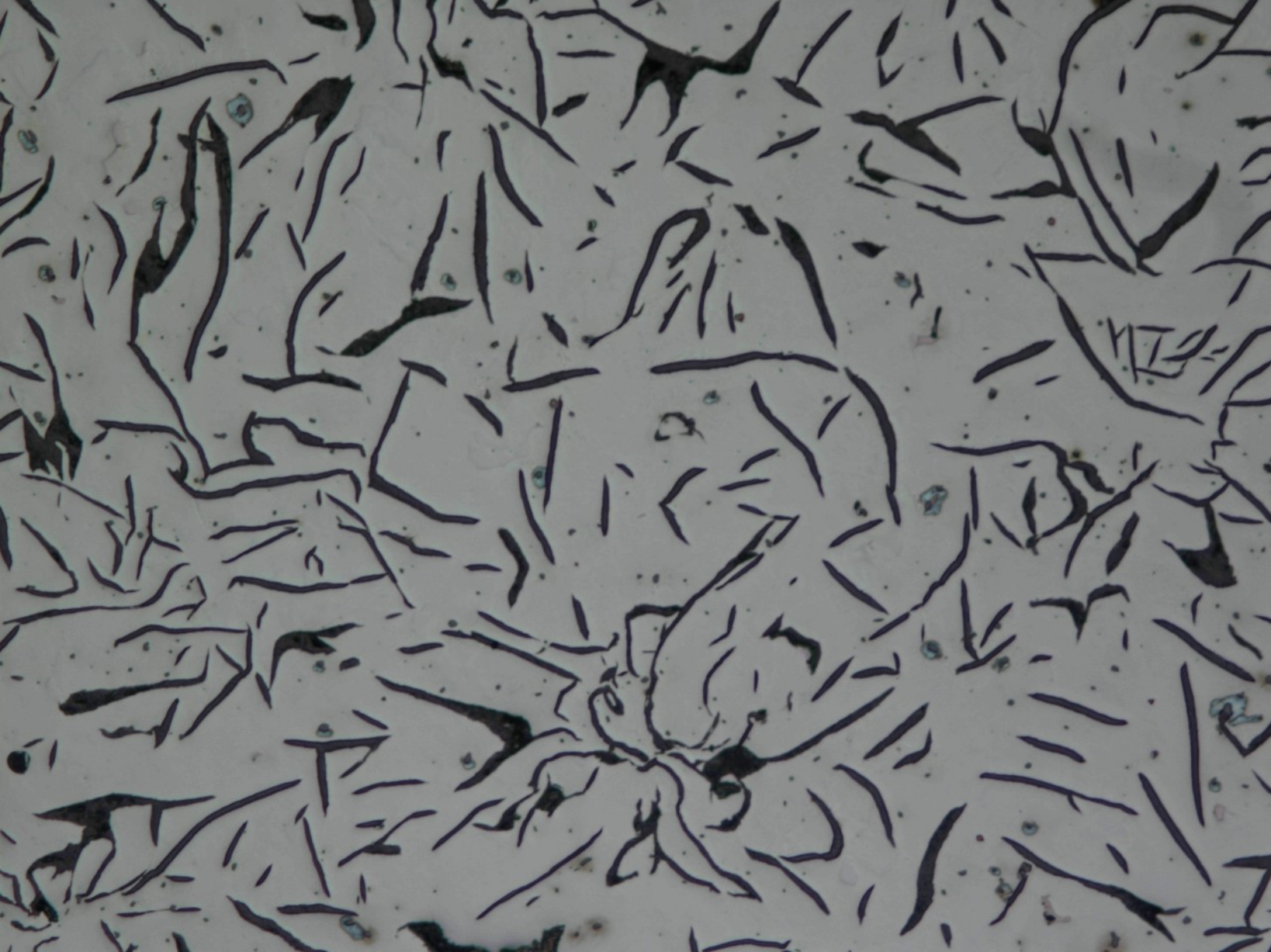
100 μm

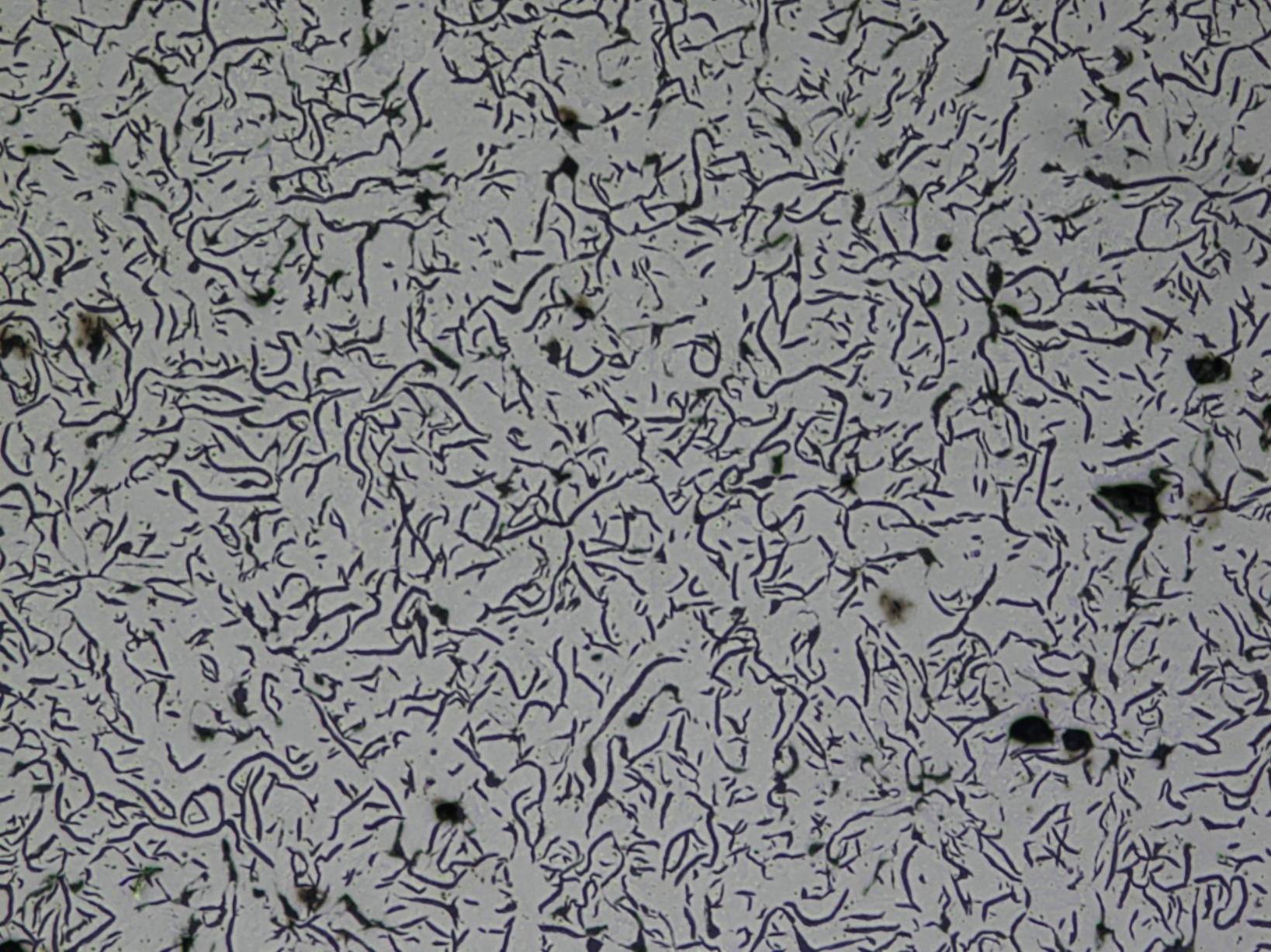


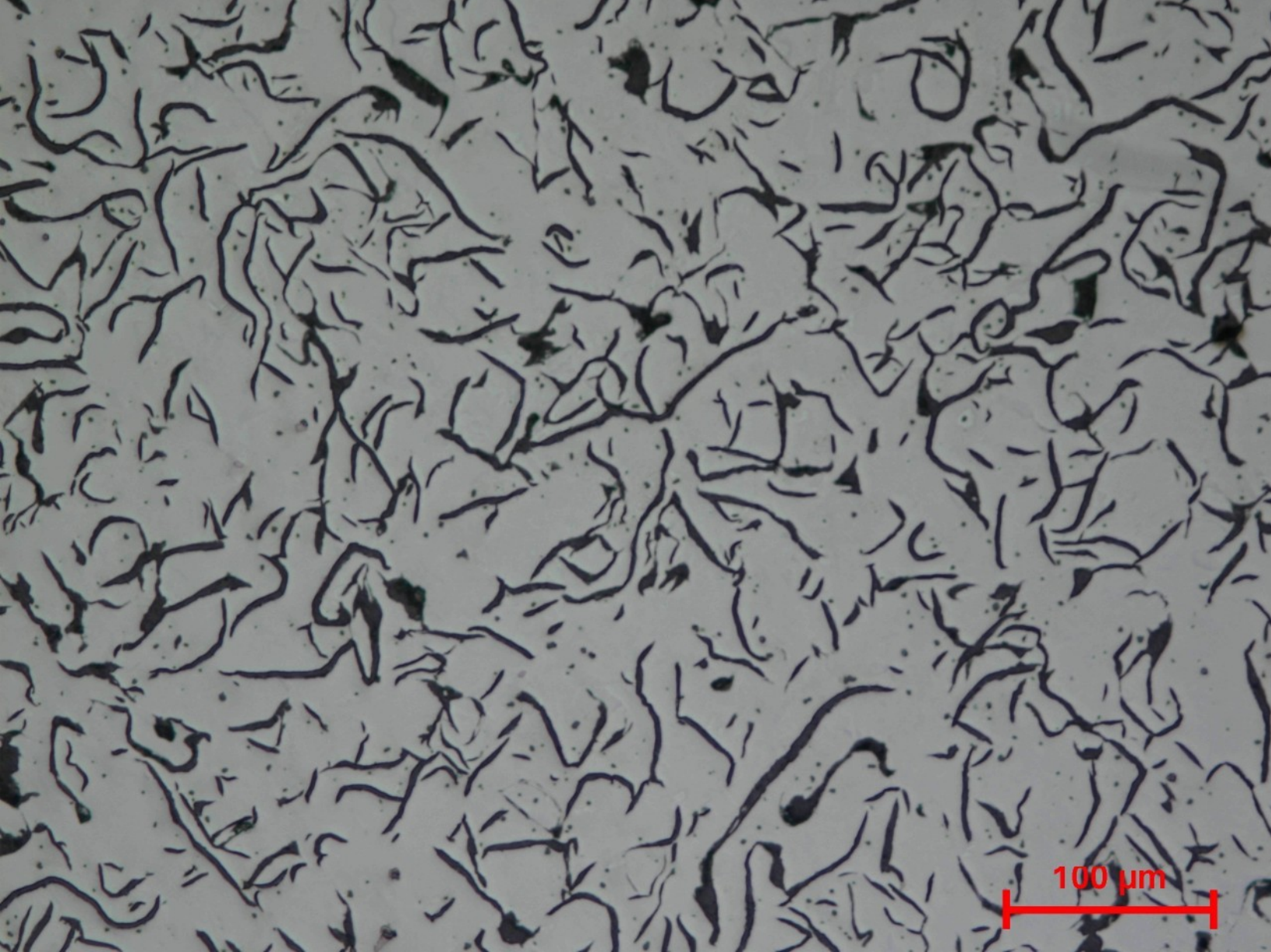




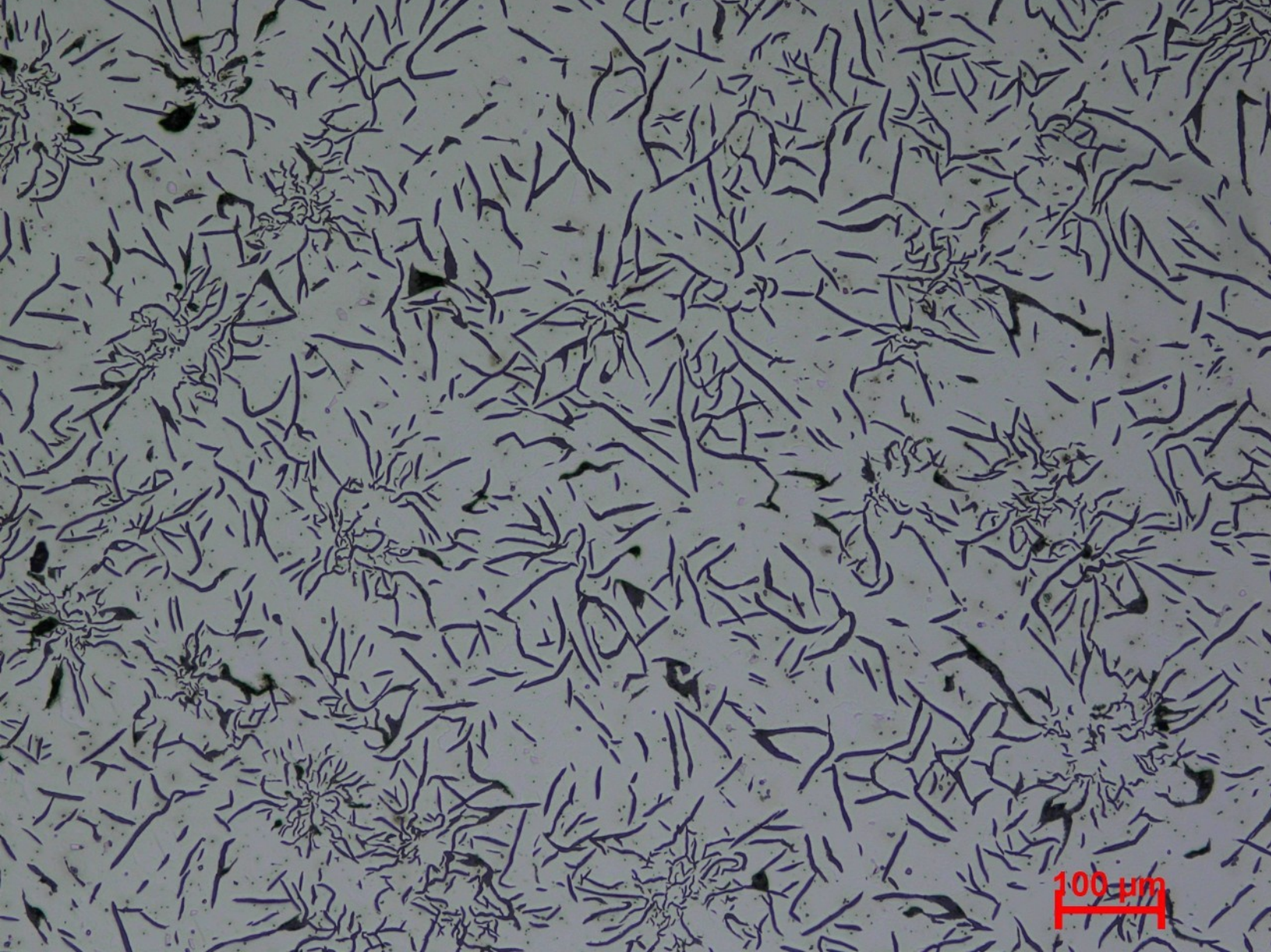




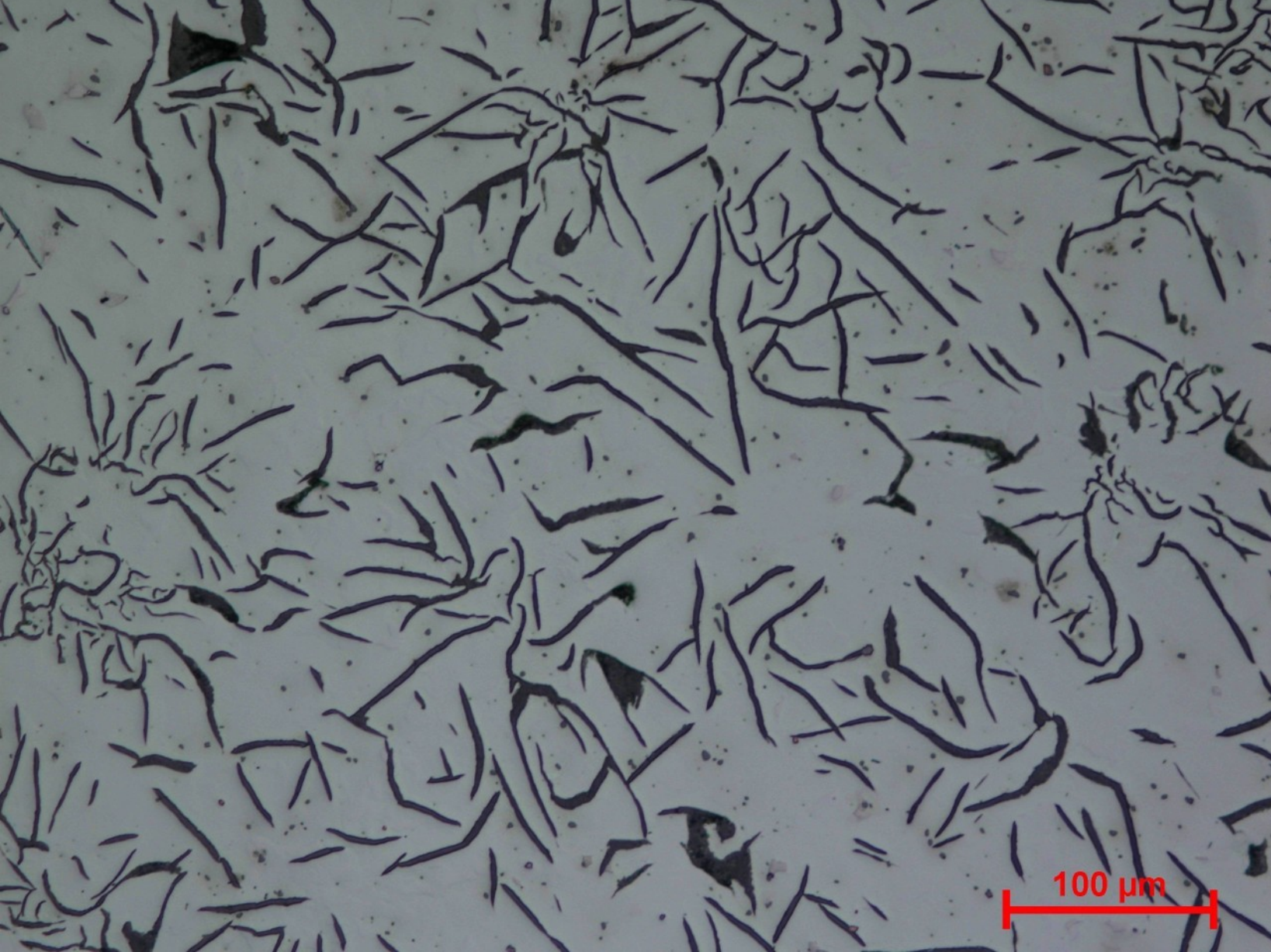




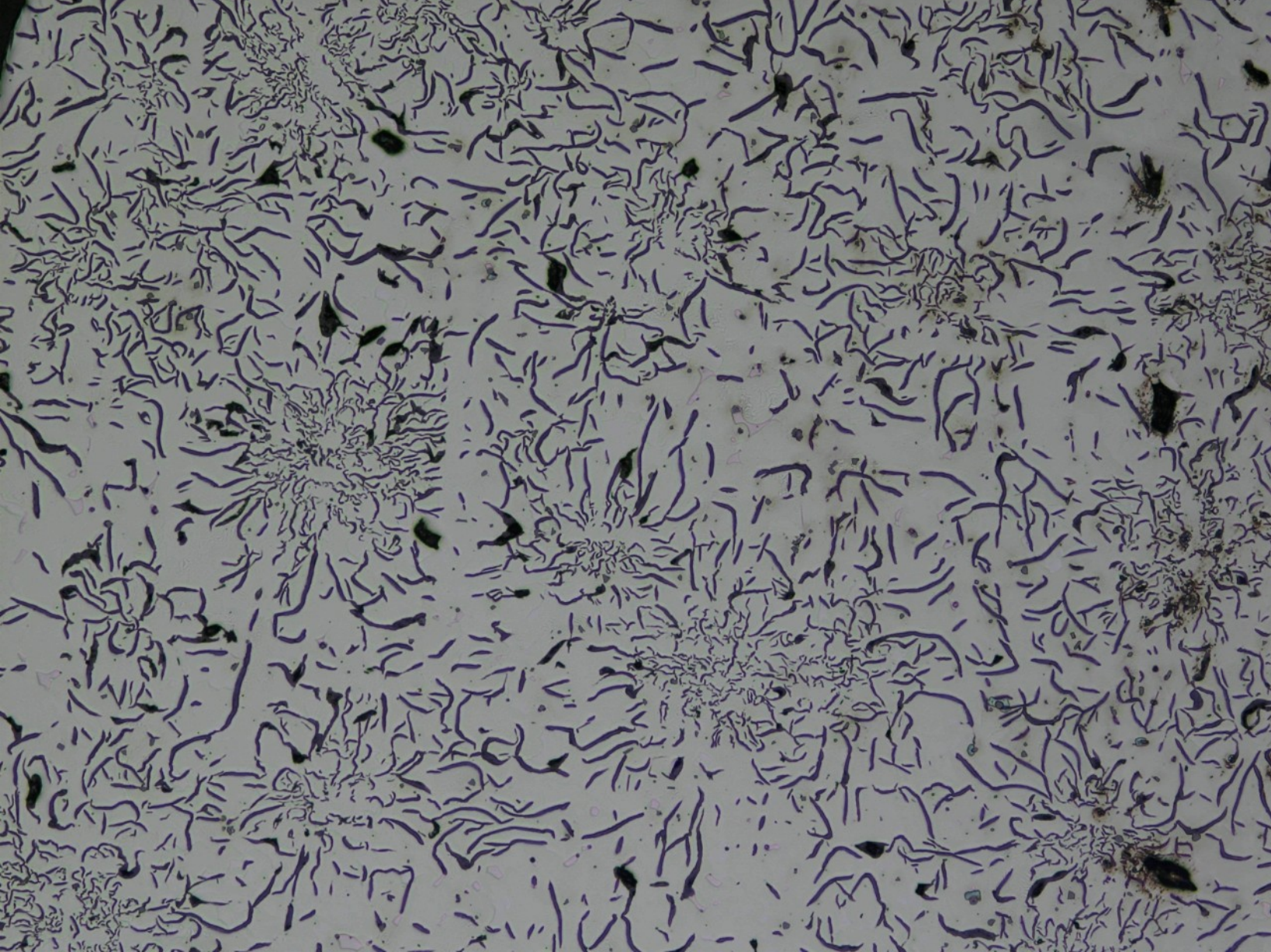
100 μm

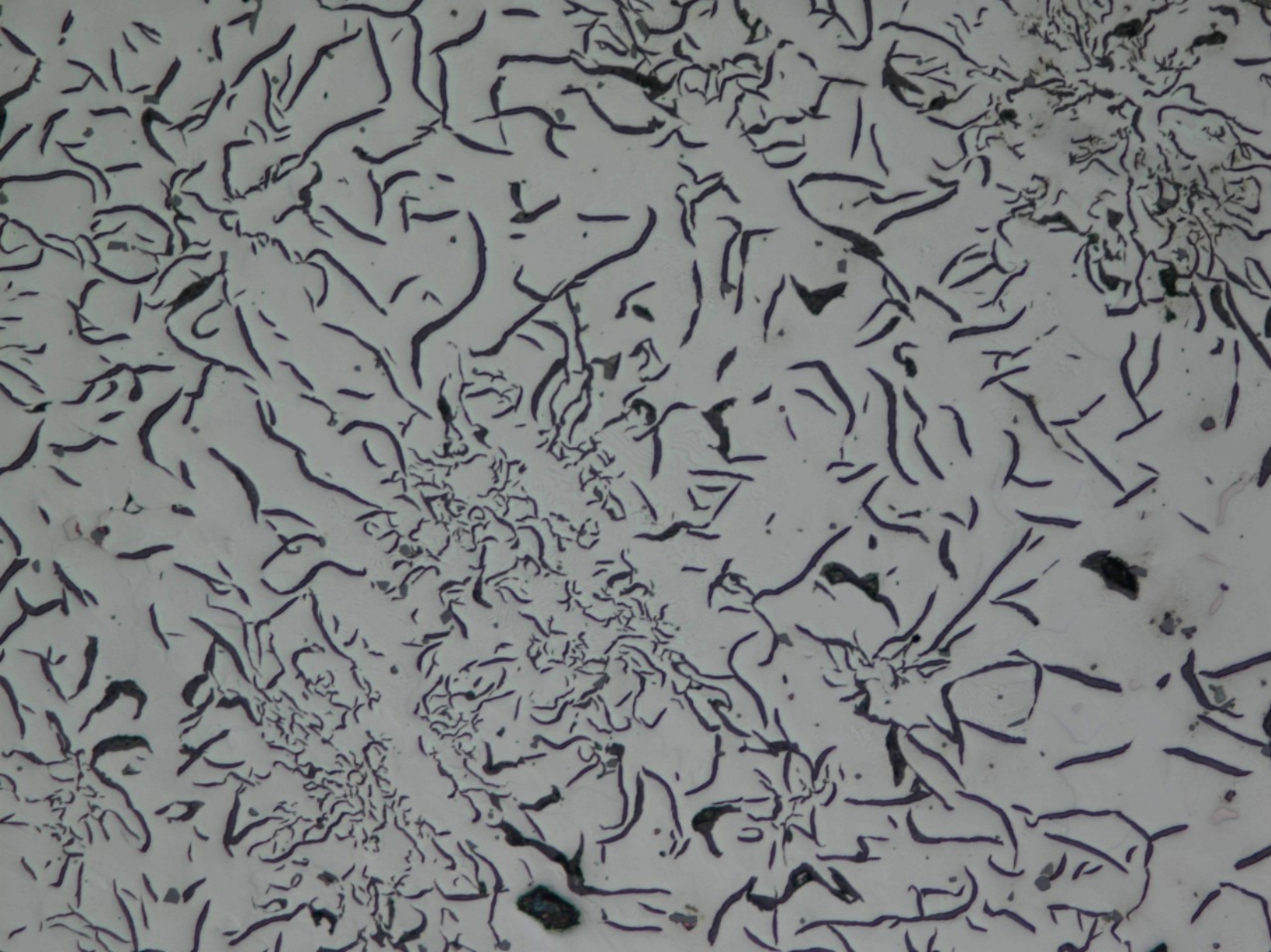


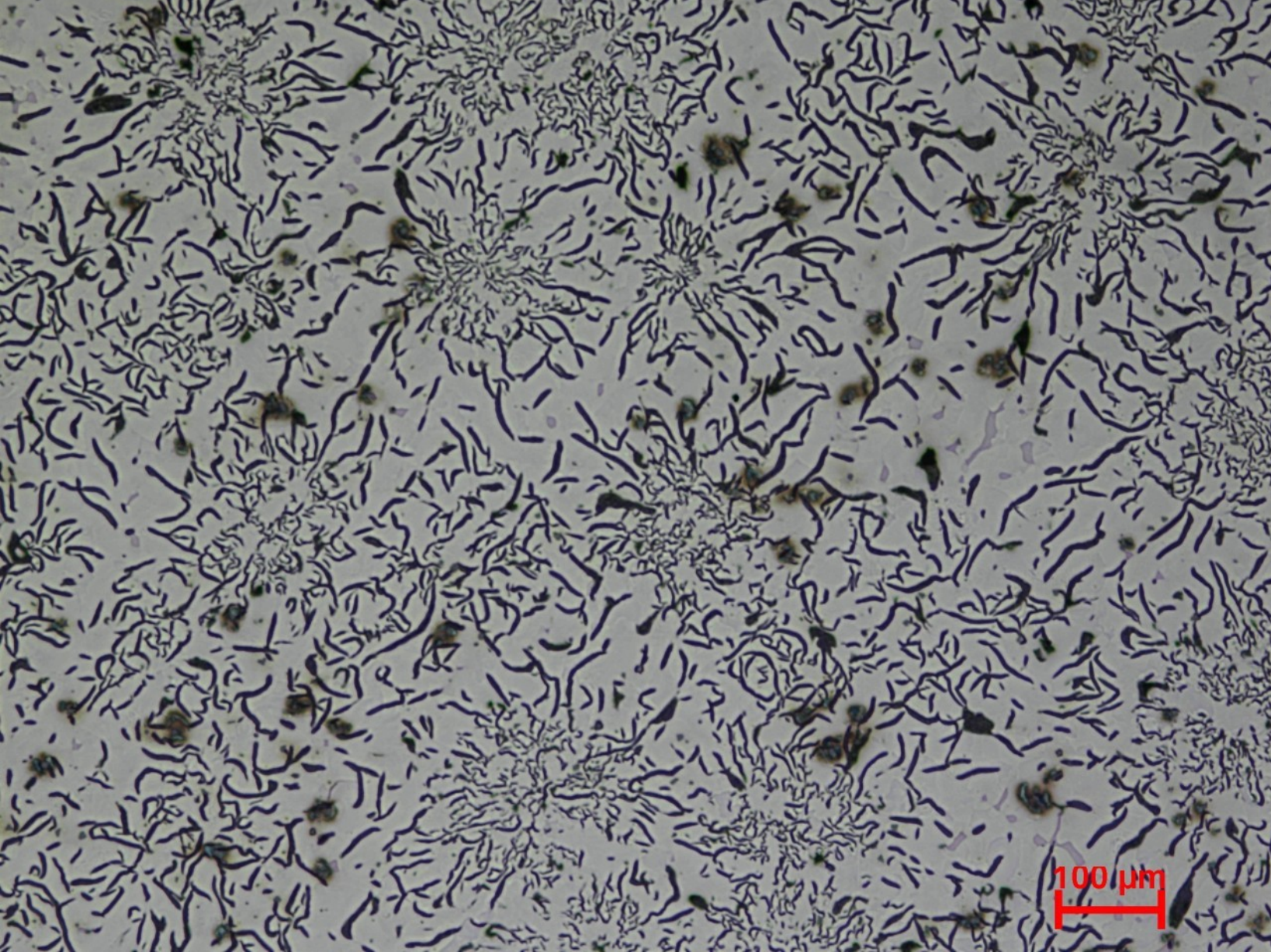
100 μm

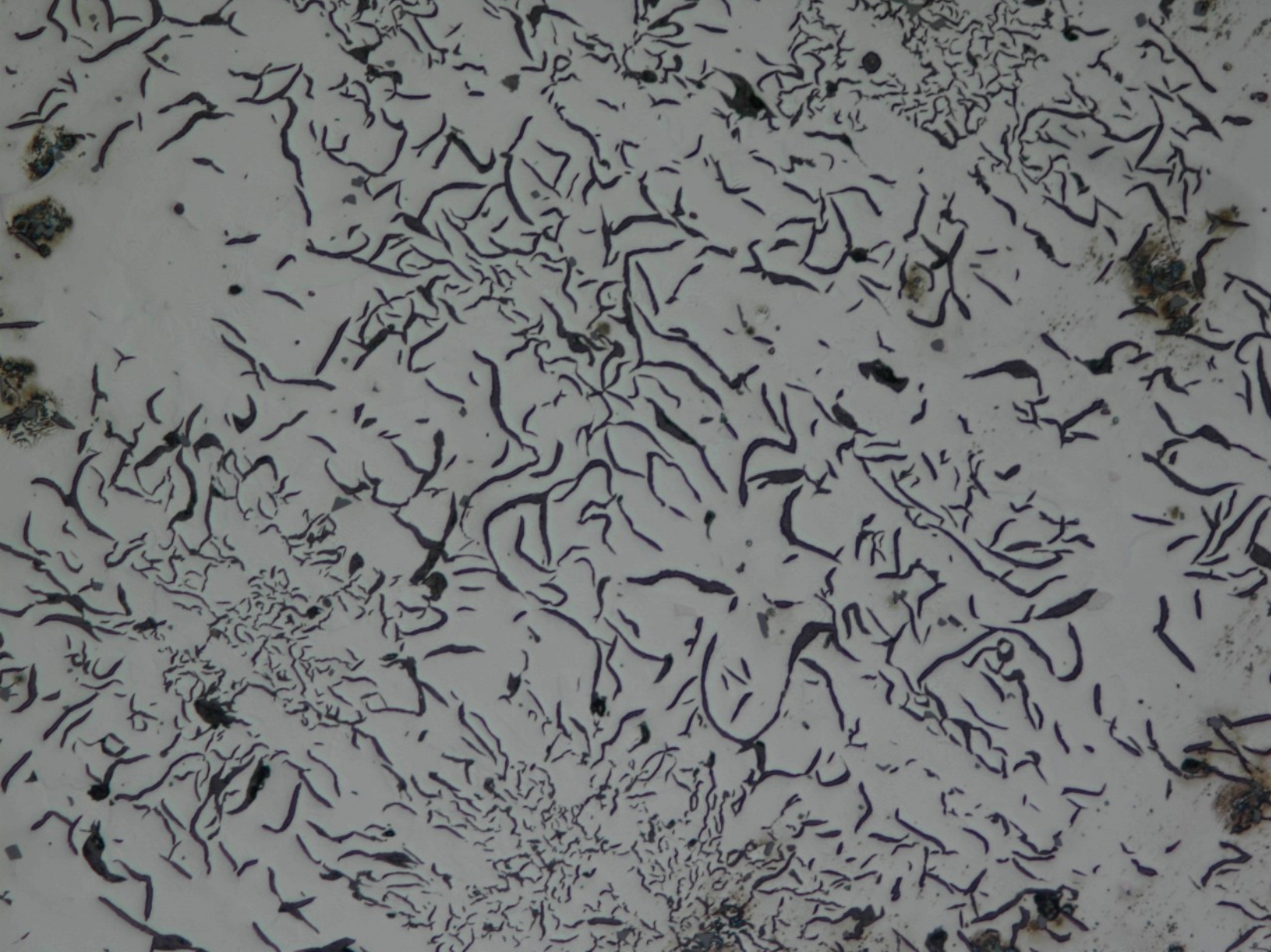


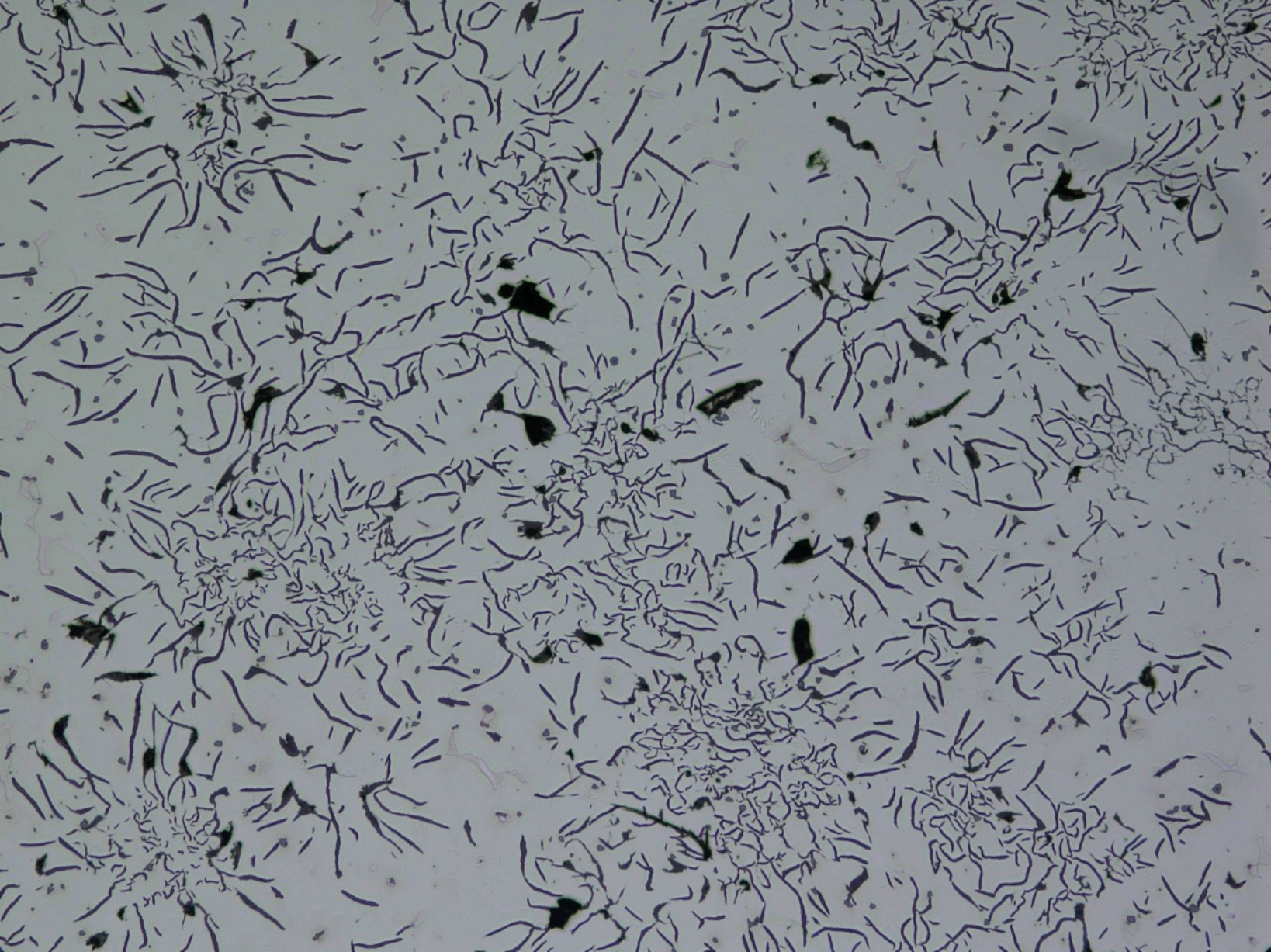
100 μm

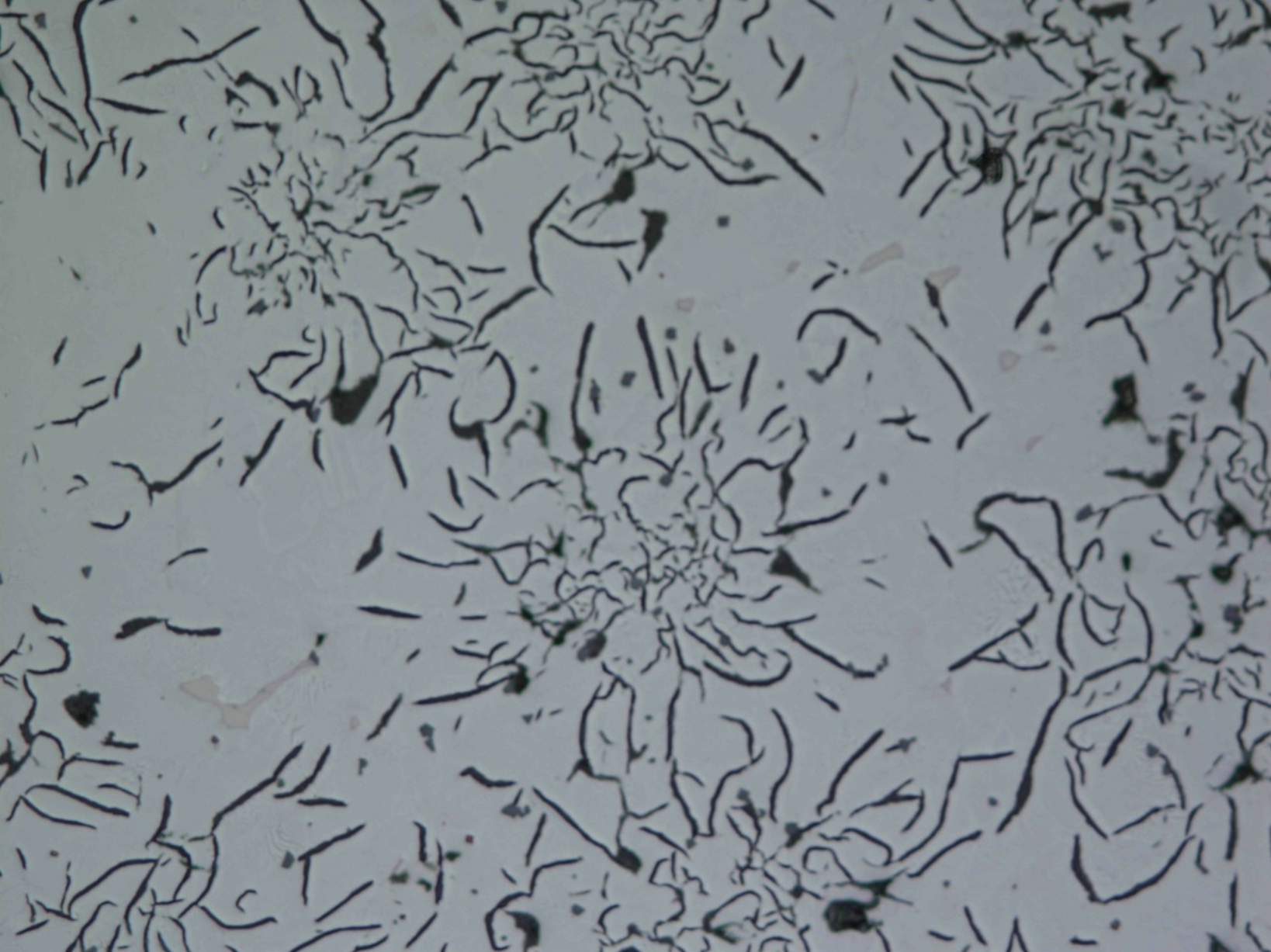






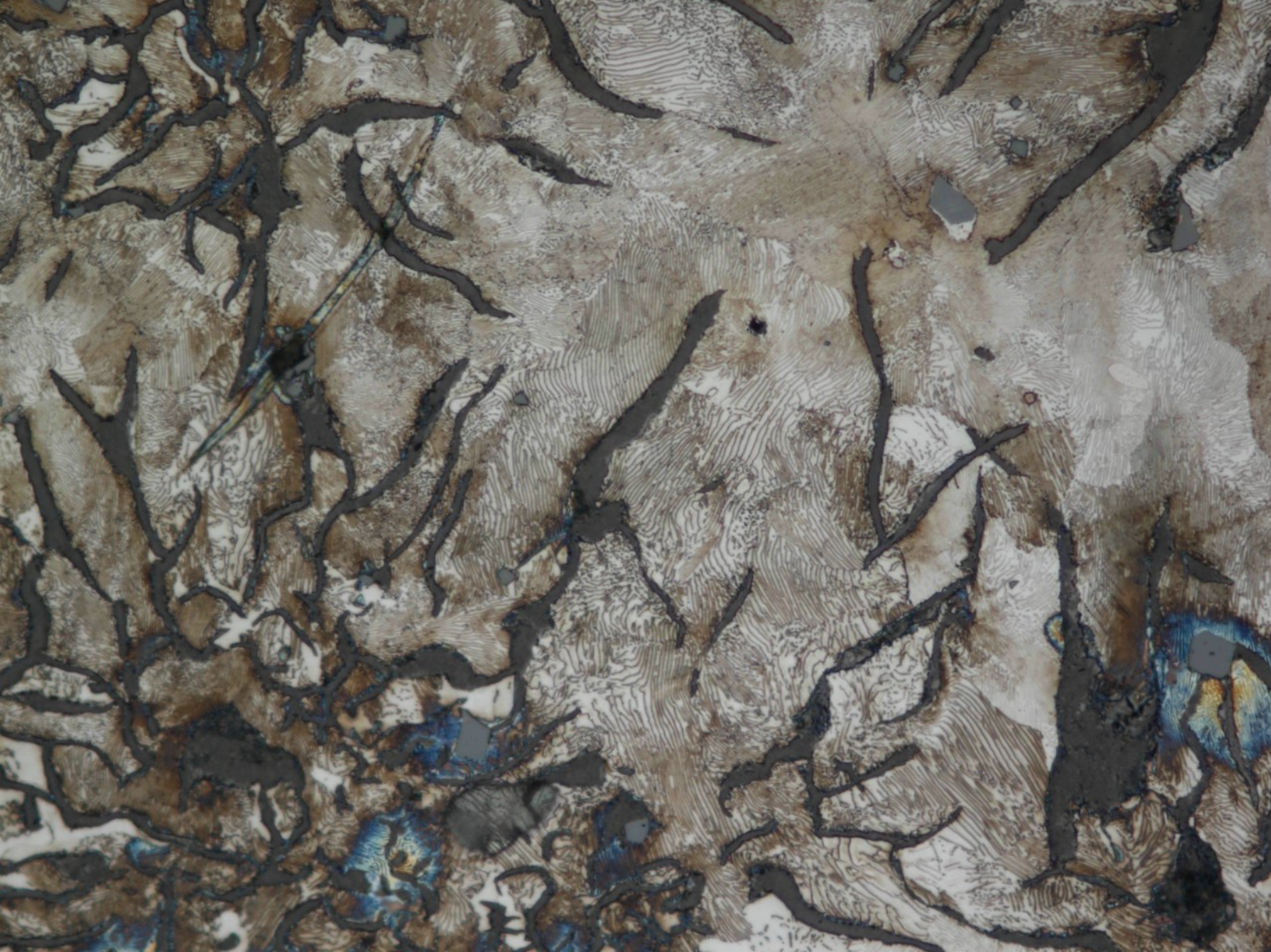


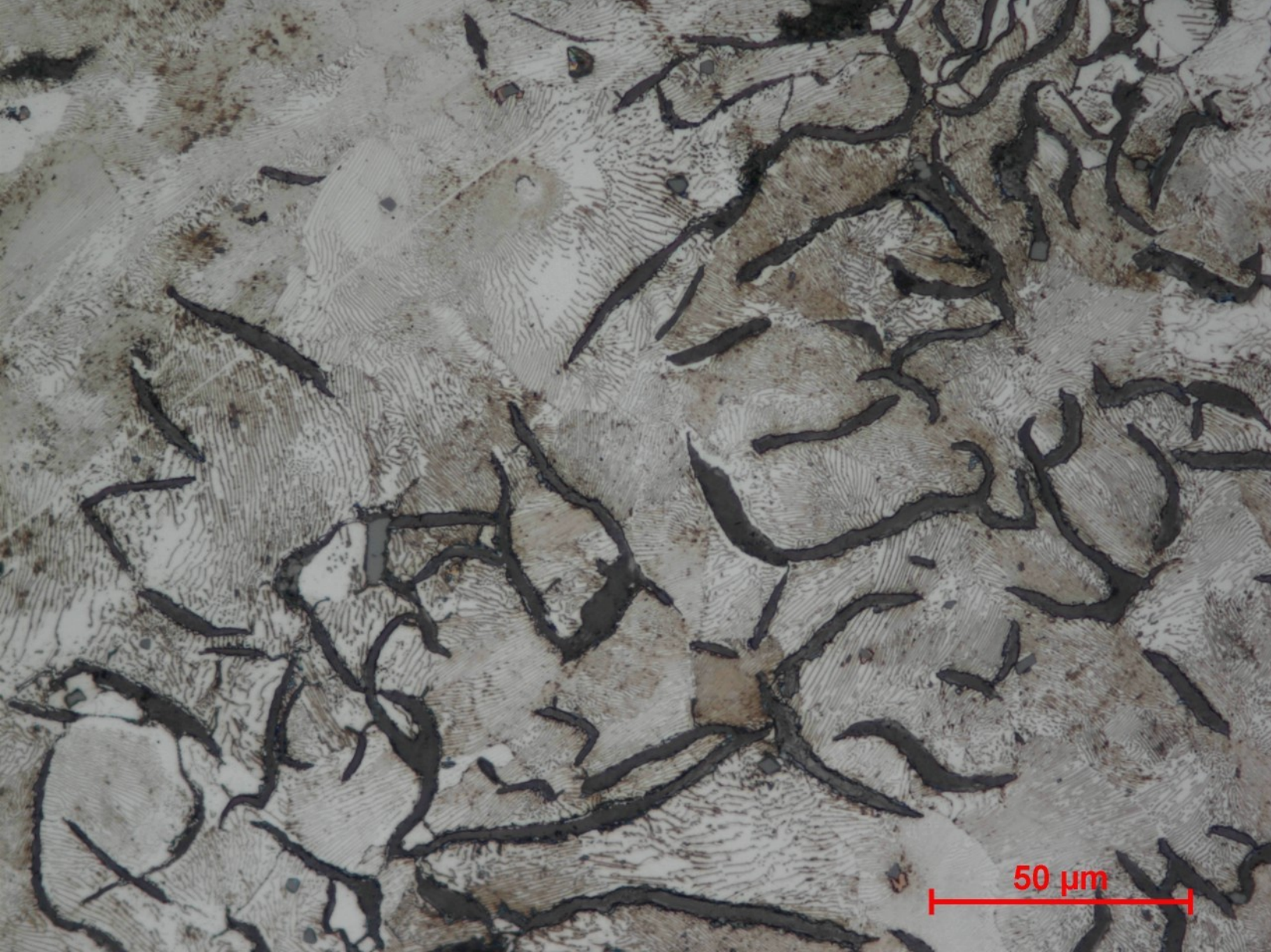












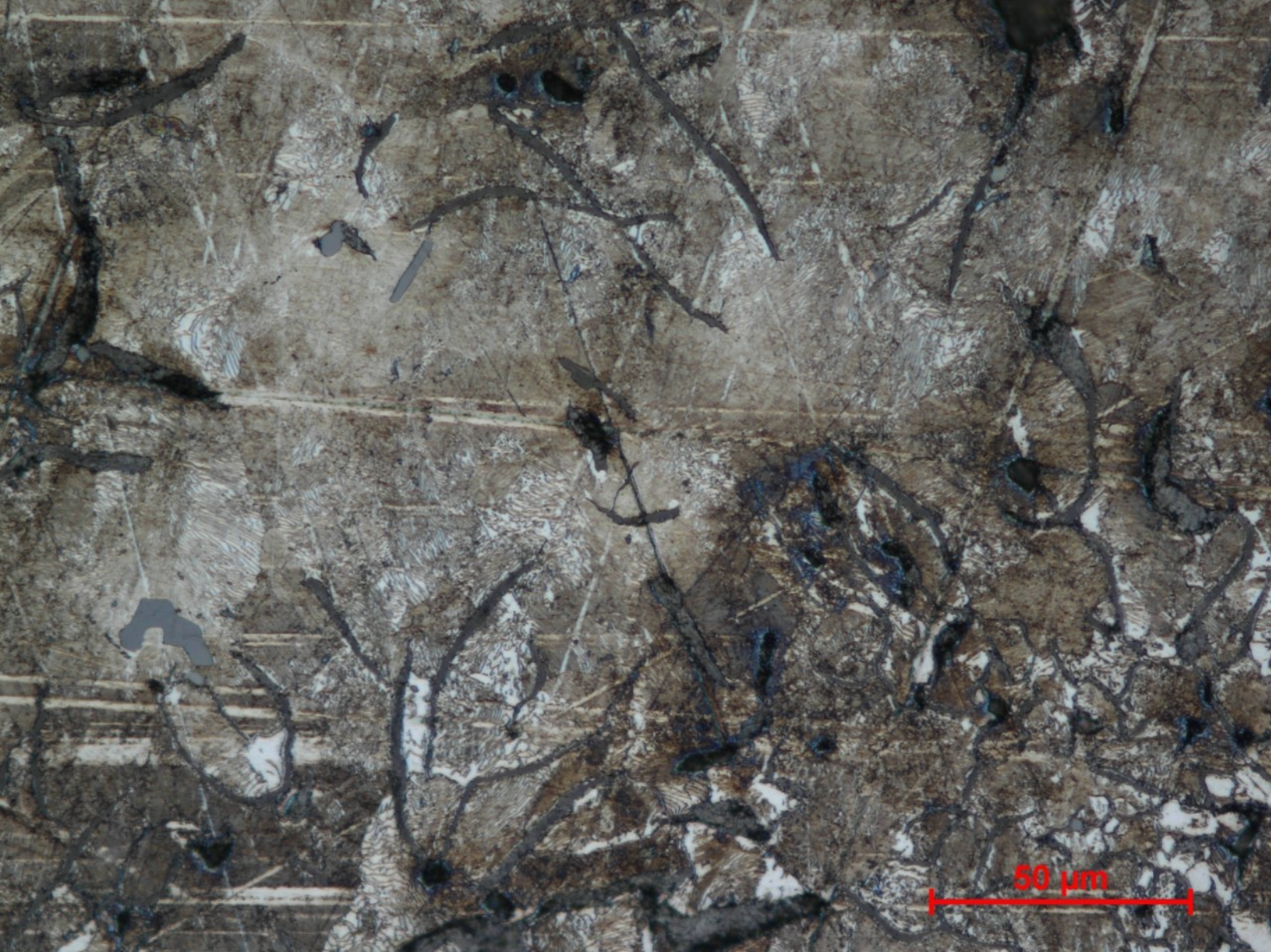
50 μm



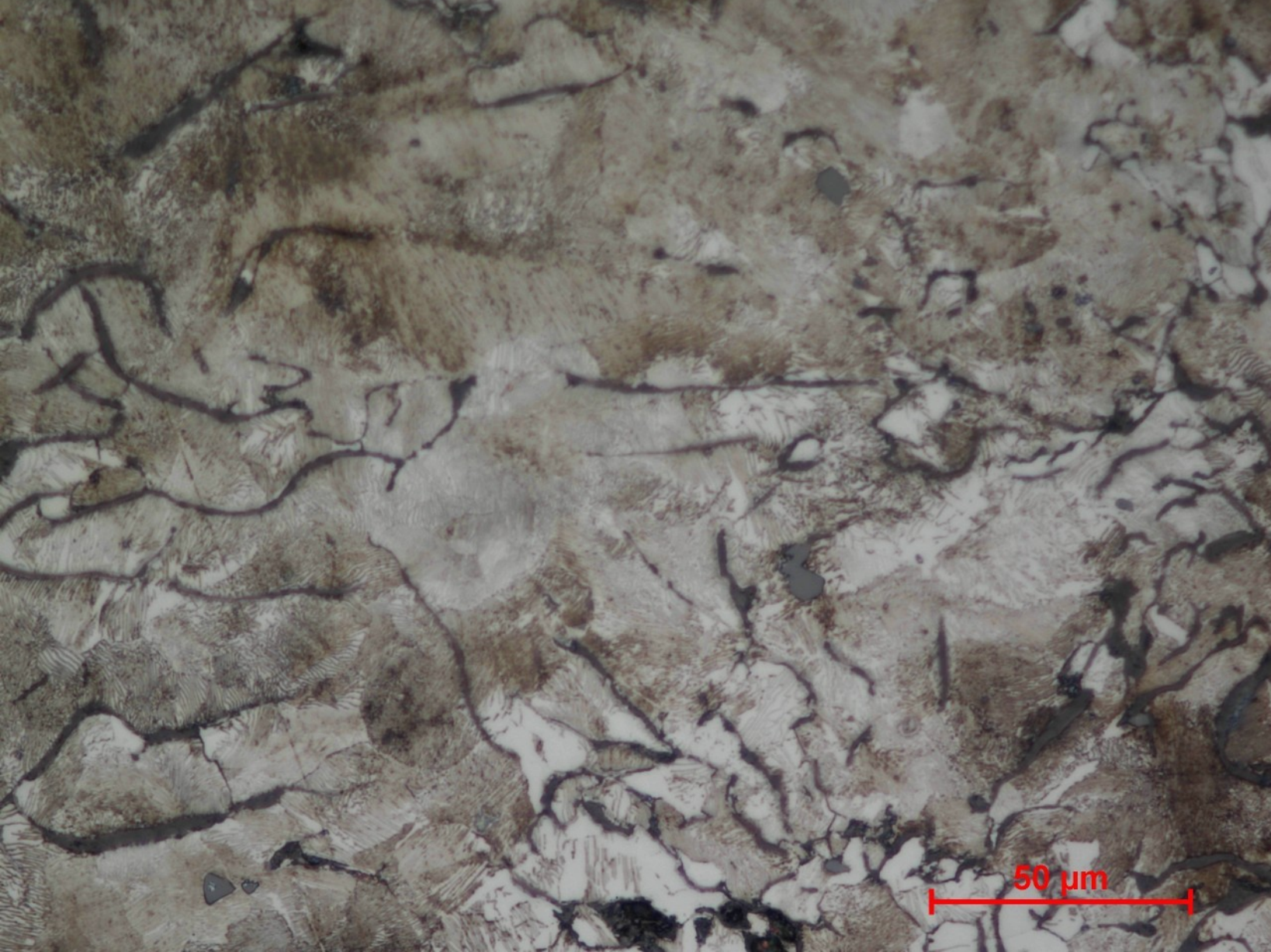
50 μm

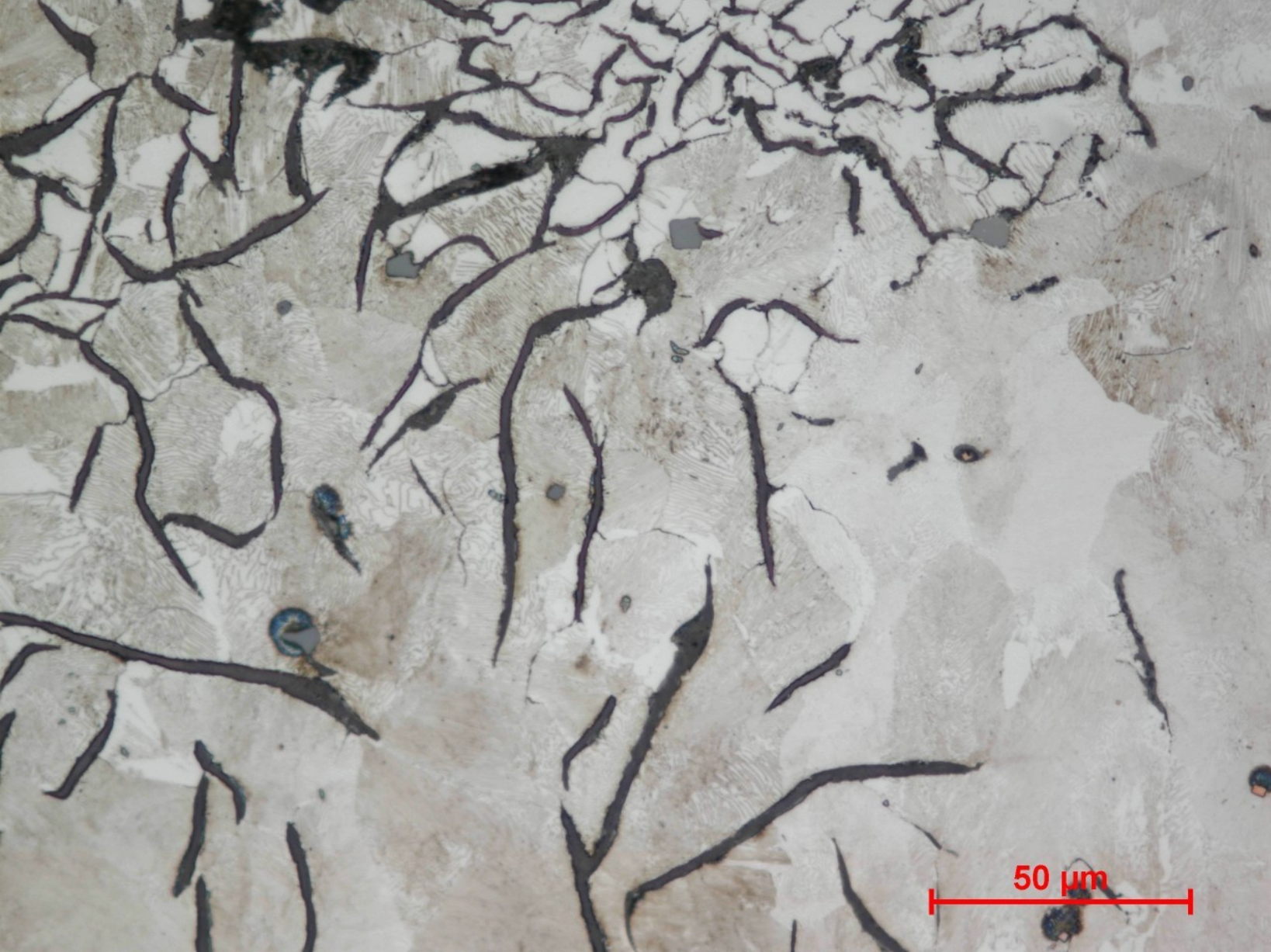


50 μm

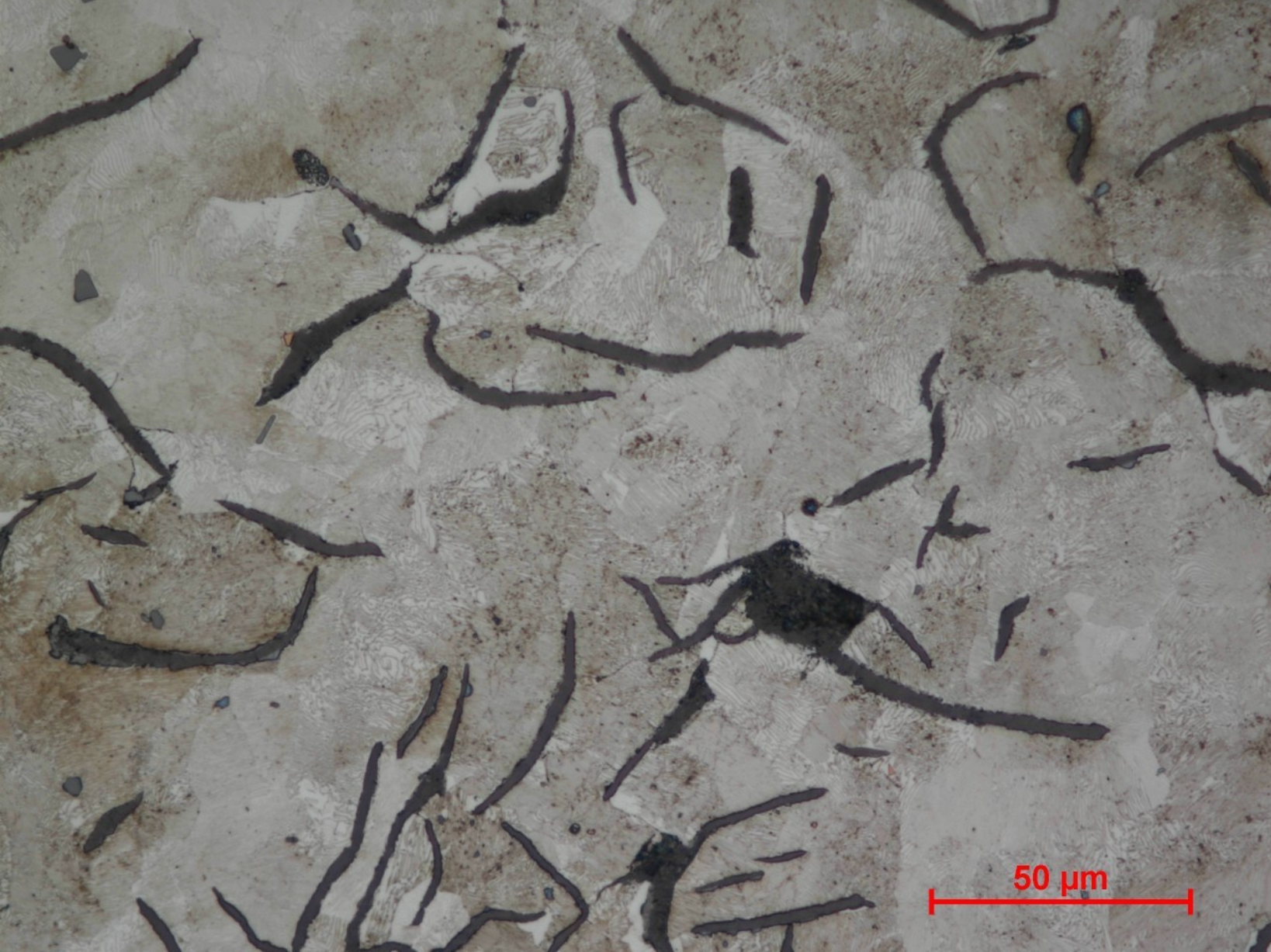


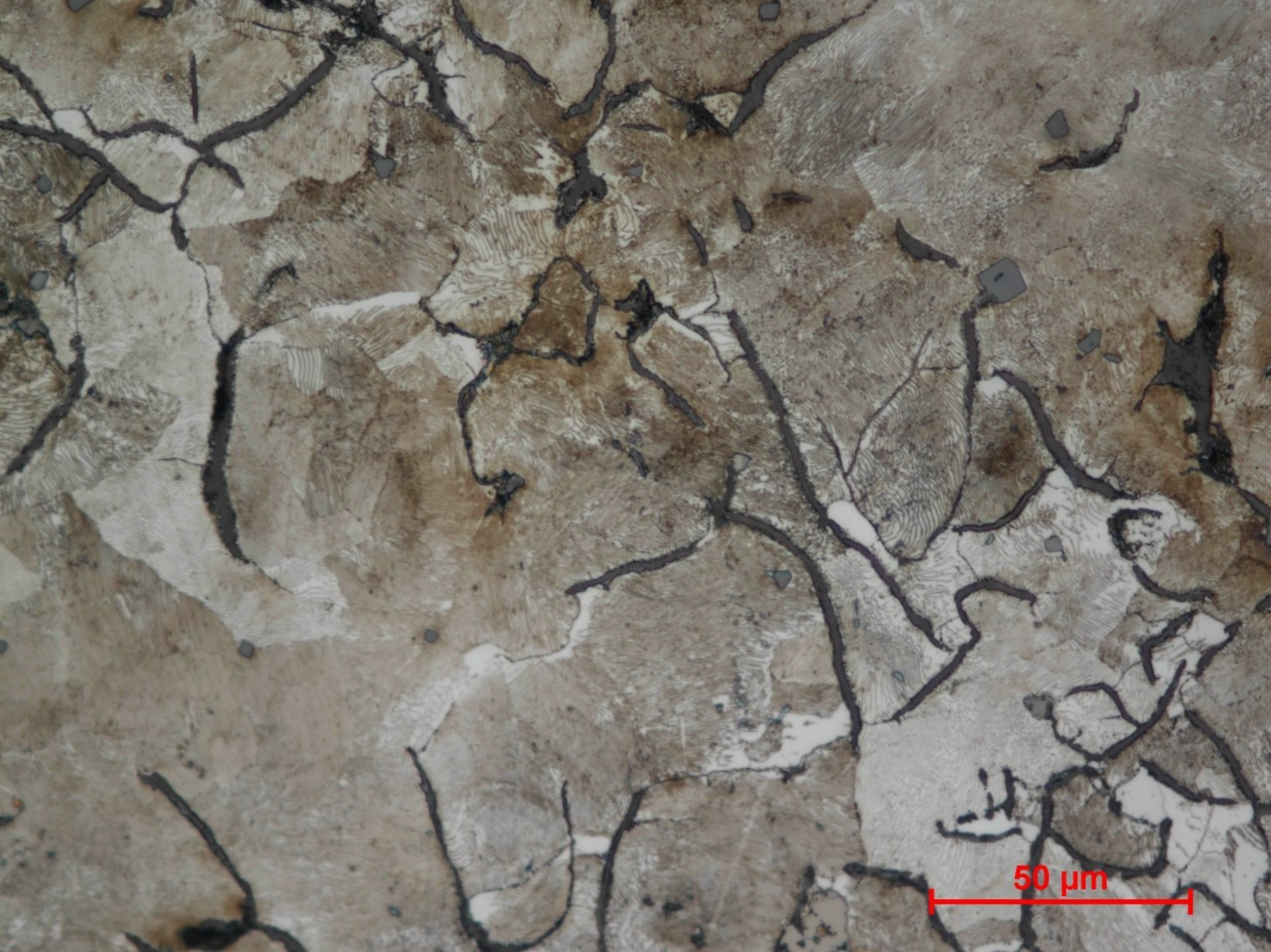
50 μm







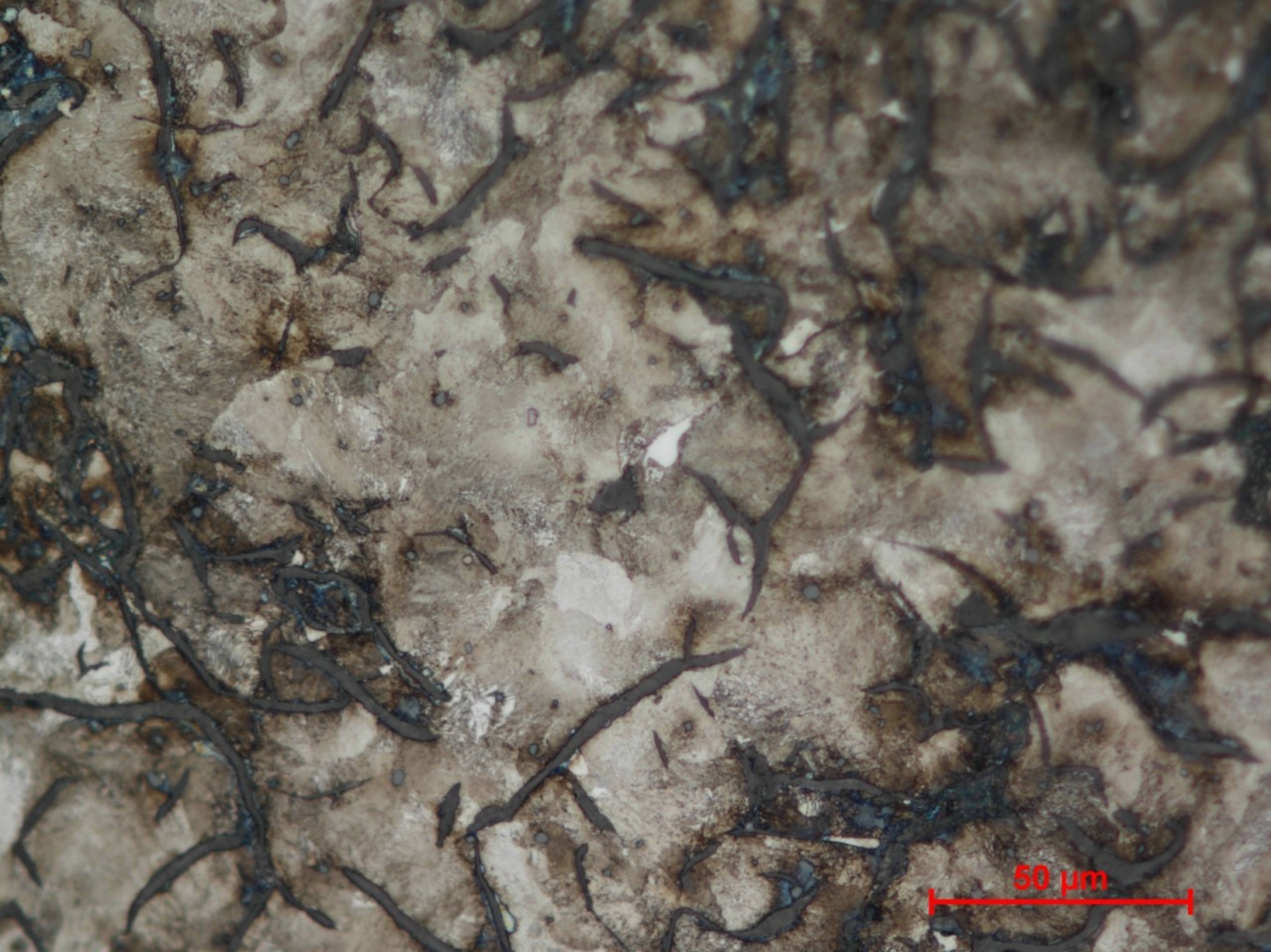




50 μm



50 μm





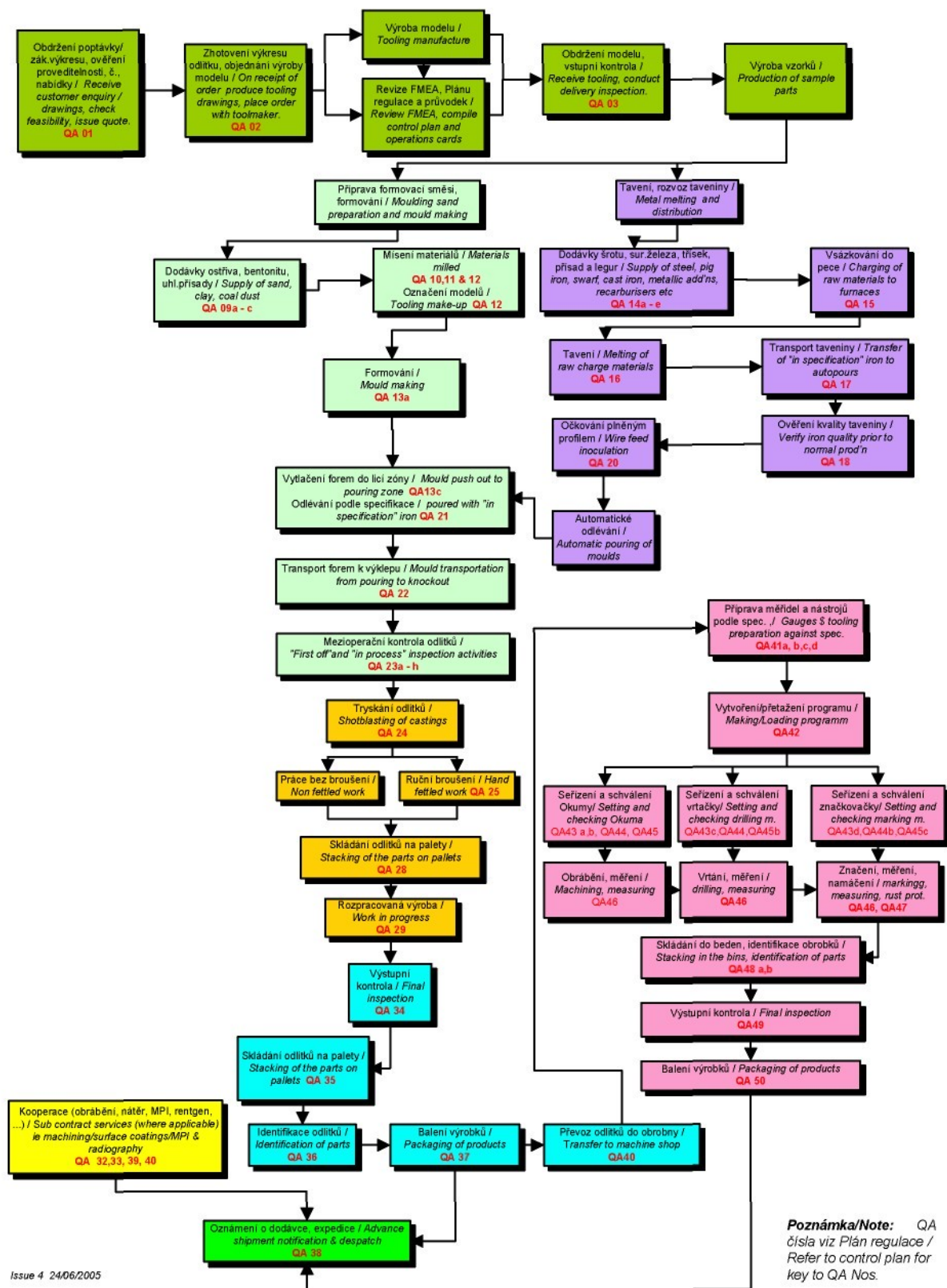






BAK - Brzdové automobilové kotouče s.r.o.

Process Flow Chart



Poznámka/Note: QA
čísla viz Plán regulace /
Refer to control plan for
key to QA Nos.