

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2007

Jana ZVĚŘINOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní
Katedra materiálu

Jana ZVĚŘINOVÁ

Obor: Materiály a technologie
Zaměření: Materiálové inženýrství

**STUDIE MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ OCELI
42CrMoS4, VSTUPUJÍCÍCH DO PROCESU
OBJEMOVÉHO TVÁŘENÍ ZA TEPLA**

**THE STUDY OF 42CrMoS4 STEEL PROPERTIES
WHICH ARE ENTERING TO THE
THERMOFORMING PROCESS**

KMT - B - 132

Vedoucí práce: doc.Ing. František Stuchlík, CSc.

LIBEREC 2007



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Jana Z V Ě Ř I N O V Á
studijní program	B2341 Strojírenství
obor	3911 R 018 Materiály a technologie
zaměření	Materiálové inženýrství

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

Studie materiálových vlastností ocele 42CrMoS₄ vstupujících do procesu objemového tváření za tepla

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Seznamte se s mechanickými vlastnostmi daného materiálu .
2. Ověřte parametry procesu kování a tepelného zpracování klikového hřídele R038 105 101 z hlediska materiálu
3. Zhodnoťte vlastnosti chladicího média
4. Experimentálně ověřte mechanické hodnoty po tváření a tepelném zpracování daného dílu
5. Doporučte optimalizační opatření

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva v rozsahu 25 - 40 stran
- přílohy

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

- [1] Fremunt, P., Podrábský, T.: Konstrukční oceli, CERM Brno, 1996;
- [2] Pluhař, J. a kol.: Nauka o materiálu, SNTL Praha, 1988
- [3] Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. František Stuchlík, CSc.

Konzultant bakalářské práce :

Ing. Radim Vrbata - Škoda Auto a.s.

L.S.

doc. Ing. František STUHLÍK, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Petr LOUDA, CSc.
děkan

V Liberci dne 31.10. 2006

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.

Anotace

Jméno:	Jana Zvěřinová
Obor:	Materiály a technologie
Zaměření:	Materiálové inženýrství
Téma:	Studie materiálových vlastností oceli 42CrMoS4 vstupujících do procesu objemového tváření za tepla
Číslo BP:	KMT – B - 132
Vedoucí BP:	doc. Ing. František Stuchlík, CSc.
Abstrakt:	Práce je zaměřena na stanovení materiálových vlastností klikového hřídele R 038 105 101 AB z oceli 42CrMoS4 vstupujících do procesu objemového tváření za tepla a optimalizaci tohoto procesu. Práce se pokouší objasnit tento problém a naznačit řešení pomocí výsledků zkoušek materiálu a praktických pozorování.
Rozsah práce :	
- počet stran:	116
- počet obrázků:	47
- počet tabulek:	26
- počet grafů:	23
- počet příloh:	17
Klíčová slova:	Klikový hřídel – tváření za tepla – vlastnosti materiálu – zkoušky tvrdosti – zkoušky pevnosti – zkoušky chemického složení – struktura materiálu.
Datum:	25.5.2007

Annotation

Name: Jana Zvěřinová

Specialization: Materials and technologies

Focusing: Material engineering

Theme: The study of 24CrMoS4 steel properties which is entering to the thermoformig process

Number of BSC work: KMT – B - 132

Leader of BSC work: doc.Ing. František Stuchlík, CSc.

Abstract: This work is viewed to a determination of properties of R 038 105 101 AB cranked shaft made from 42CrMoS4 steel which are entering to the thermoformig process and optimize this process. The work is trying to clarificate this problem by using results of material tests and practical observation.

Range of the work:

- number of pages: 116
- number of pictures: 47
- number of tabs: 26
- number of graph: 23
- number of supplements: 17

Key words: Cranked shaft – thermoforming –material properties – hardness tests – strenght tests – determination tests – material structure.

Date: 25.5.2007

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Doc. Ing. Stuchlíkovi za vedení při vypracování bakalářské práce, Ing. Radimu Vrbatovi, Ing. Jaroslavě Chadimové, p. Kováři za pomoc při zpracování tématu a za cenné rady. A p. Petrovi Venerovi za pomoc při přípravě metalografických výbrusů a za pomoc při vyhodnocování a zhotovení fotodokumentace.

Jana Zvěřinová

Obsah

1. Úvod	str. 8.
2. Teoretická část	str. 10.
2.1. Klikový hřídel – funkce a výroba	str. 10.
2.2. Tváření kovů	str. 18.
2.2.1. Tváření kovů za tepla	str. 18.
2.2.2. zápusťkové kování na lisech	str. 19.
2.3. Ochlazovací prostředí pro tepelné zpracování	str. 21.
2.4. Mechanické vlastnosti materiálů	str. 23.
2.5. Oceli k zušlechťování	str. 24.
3. Experimentální část	str. 26.
3.1. Materiál výkovku	str. 26.
3.1.1. Požadavky na materiál výkovku	str. 27.
3.2. Místo odběru vzorků	str. 27.
3.3. Měření tvrdosti	str. 28.
3.4. Měření pevnosti	str. 29.
3.5. Metalografie	str. 30.
3.6. Kontrola chladicího média	str. 31.
3.7. Chemické složení	str. 33.
3.7.1. Chemické složení jednotlivých taveb	str. 33.
3.8. Výsledky měření	str. 34.
3.8.1. Bez cirkulace	str. 34.
3.8.1.1. tavba H	str. 34.
3.8.1.2. tavba I	str. 37.
3.8.1.3. tavba C	str. 40.
3.8.1.4. tavba C (500°C)	str. 43.
3.8.1.5. tavba C (600°C)	str. 46.

3.8.1.6.	Shmutí.....	str. 49.
3.8.2.	S cirkulací.....	str. 51.
3.8.2.1.	tavba H.....	str. 51.
3.8.2.2.	tavba I.....	str. 54.
3.8.2.3.	tavba C.....	str. 57.
3.8.2.4.	Shmutí.....	str. 60.
3.9.	Závislost tvrdosti na pevnosti.....	str. 61.
4.	Diskuse výsledků.....	str. 62.
5.	Závěr.....	str. 64.
6.	Použitá literatura	str.65.
7.	Seznam příloh.....	str. 66.

Přílohy

Prohlášení

1. Úvod

Klikový hřídel je součástí každého pístového stroje (obr. č. 4). Vzhledem k tomu, že je to nejvíce namáhaná součást, je potřeba zajistit určité vlastnosti. Ty se zajišťují výběrem správného materiálu a jeho zpracováním (tváření za tepla – za studena, tepelné zpracování, opracování funkčních ploch, ...).

Předložená bakalářská práce, která byla řešena ve spolupráci s firmou Škoda AUTO,a.s., je zaměřena na stanovení materiálových vlastností klikového hřídele R 038 105 101 AB z oceli 42CrMoS4, vstupujících do procesu objemového tváření za tepla a následnou optimalizaci tohoto procesu.

Cílem je navržení vhodného režimu tepelného zpracování oceli 42CrMoS4 tak, aby byly zajištěny materiálové vlastnosti předepsané výkresem. Toho chci dosáhnout pomocí dostupných výsledků ze sledování v kovárně a naznačit řešení pomocí výsledků zkoušek tvrdosti a pevnosti, chemického složení a strukturálních rozborů.

Kovárna, ve které byla tato práce realizována, je jedním z hutních provozů provozu VAH v mladoboleslavském závodu společnosti ŠKODA AUTO a. s. Zajišťuje především výrobu polotovarů pro mechanické opracování dílů motorů, převodovky aj. pro Škoda AUTO,a. s. a závody koncernu VW.

Výroba je prováděna technologiemi přesného bezvýronkového kování, klasického výronkového kování a příčného klínového válcování z předválcované uhlíkové nebo legované oceli, přičemž hmotnost výkovků se pohybuje od 0,43 kg až po 16 kg.

V kovárně je jedno středisko s kovacími stroji a jedno pro tepelné zpracování, kalibrování a konečnou kontrolu. V kovacím středisku jsou kovací buňky klasické (ruční kování), transferové (automatické) a automatické robotizované.

2. Teoretická část

2.1. Klikový hřídel – funkce a výroba

Klikový hřídel je součást zařízení, sloužícího k přeměně přímočarého vratného pohybu na rotační nebo naopak. Jedná se o většinu pístových motorů a pístových čerpadel.



obr. č. 3. Klikový hřídel

Je složen z krátkých válcových čepů, navzájem pevně spojených rameny. (Čepy, umístěné v ose otáčení hřídele, se nazývají klikové a čepy, které jsou vůči této ose vychýleny se nazývají ojnicí.)

Posazení čepů mohou být realizována v jedné rovině u plochého klikového hřídele, nebo ve více rovinách u prostorového klikového hřídele.

Konstrukci a výrobní postup konkrétního klikového hřídele ovlivňují:

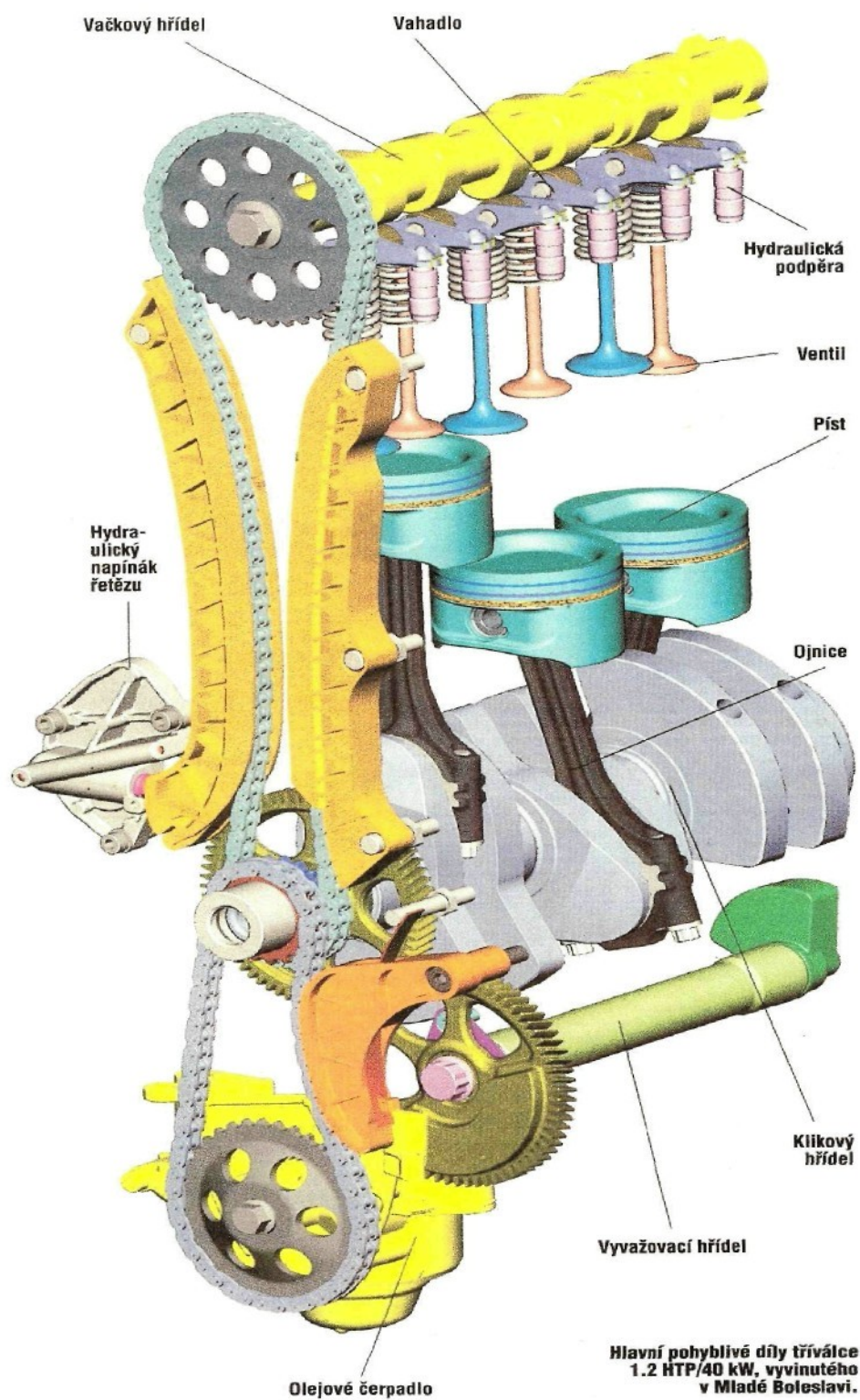
- typ pístového stroje, pro který je určen
- předváděcí podmínky pístového stroje (dosahované otáčky, tlak, apod.)
- velikost výrobní série
- požadované rozměry hřídele

Pro rychloběžné stroje (např. spalovací motor) obsahuje klikový hřídel navíc protizávaží naproti čepu ojnice, které slouží k dynamickému vyvážení setrvačných sil, případně i části posuvných hmot pístové skupiny (píst, ojnice, pístní čep, pístní kroužky). Klikový hřídel může být také ze stejných důvodů vyvažována jinou hřídelí, která má opačný smysl otáčení. Toto řešení není třeba používat u víceválcových motorů (od tří válců výše) jejich klikový hřídel je dynamicky ideálně vyvážená.

Součástí konstrukce klikového hřídele jsou většinou i vnitřní kanálky, které slouží k rozvodu motorového oleje pro mazání ložisek hřídele a případné chlazení pístové skupiny. U vysokootáčkových strojů se používají kluzná ložiska, která snesou větší zatížení.

Klikový hřídel může být vyroben z jednoho kusu materiálu odléváním nebo zápusťkovým kováním s následným třískovým obráběním čepů. Takové řešení se používá pro menší pístové stroje. Pro větší stroje se používá montovaný hřídel z jednotlivých, zvláště vyrobených částí. Jednotlivé části mohou být vyrobeny odléváním, ručním nebo zápusťkovým kováním, lisováním a třískovým obráběním. Části jsou vzájemně spojeny zalisováním, svařením nebo šrouby.

Klikové hřídele méně namáhaných strojů jsou vyráběny z konstrukčních nebo ušlechtilých uhlíkových ocelí s pevností v tahu $500 \div 700$ MPa. Pro vysoce zatížené hřídele se používá ušlechtilá ocel s pevností v tahu nad 1000 MPa. Odlévané hřídele se vyrábí z šedé, legované, očkované tvárné nebo temperované litiny.[7]



obr. č. 4. Umístění klikového hřídele v motoru

Klikový hřídel R 038 105 101 a jeho výroba ve Škoda AUTO,a.s.

Stručný technologický postup výroby klikového hřídele, uplatňovaný ve ŠKODA AUTO a.s.

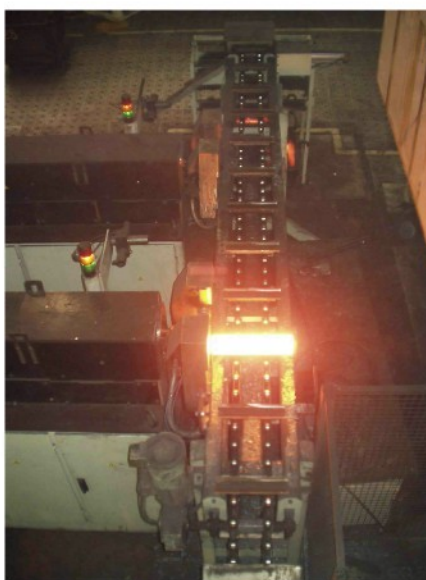
- ohřev materiálu
- kování
- ostřížení výkovku
- tepelné zpracování
- tryskání
- kontrola
-

Polotovary:

Používá se přířez z materiálu 42CrMoS4 o průměru $87,5 \pm 0,5$ mm a délce 404 ± 2 mm

Ohřev materiálu:

Materiál je ohříván ve středofrekvenční ohříváčce SOP 636 na předepsanou teplotu. Teplota vstupního polotovaru pro kování v záпустce se pohybuje v rozmezí teplot $1220 \div 1275^{\circ}\text{C}$.



obr. č. 5. ohřátý přířez

Kování:

Polotovár je kován na dvě operace (předkovací a dokončovací) v mechanickém kovací lisu LZK 3500. pomocí robotů je výkovek přendán z předkovací do dokončovací dutiny zápustky a ještě z kovacího do ostřihovacího lisu. Teplota zápustky nesmí klesnout pod teplotu 500°C.



obr. č. 6. přířez v dutině zápustky



obr. č. 7. vykovaná kliková hřídel

Dokončovací operace 1:

Výkovek je ostřižen na ostřihovacím lisu LDO 500. Výronek je vyhozen do odpadu a výkovek je zavěšen na vychlazovací dopravník. Po schladnutí na teplotu min. 70°C je výkovek svisle a odvezen k dalšímu zpracování.



obr. č. 8. ostřižení výkovku

Tepelné zpracování

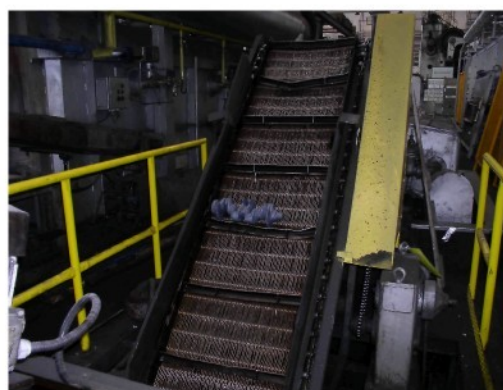
Výkovky jsou vkládány do kalící komorové pece poté „spadnou“ do ochlazovací lázně dopravníkem jsou dopraveny do popouštěcí pece. (nastavení celého tepelného zpracování viz. Tab. 1.).

Tab. 1. parametry pro nastavení robotizované linky buňky č. 6

ČÍSLO OPERACE	NASTAVENÝ PARAMETR	Hodnota parametru	
		Hodnota dle TP	Povolené meze
10	Teplota ohřevu	1220 – 1260°C	1220 – 1260°C
	Takt linky	10 – 45 sec.	40 – 45 sec.
15	Teplota kování	1200 – 1250°C	1200 – 1250°C
40	Teplota – dochlazovací zóna	cca 70°C	60 – 85°C
45	Čas tryskání	30 – 35 sec.	30 – 35 sec.



obr. č. 9. kalící pec



obr. č. 10. dopravník z kalící lázně



obr. č. 11. vstup do popouštěcí pece



obr. č. 12. tepelně zpracovaná klika

Dokončovací operace 2:

Otryskávání (pískování)

Výkovek je zavěšen na dopravník tryskače. Projíždí tryskačem a je automaticky otryskáván po dobu 30 ± 35 s.



obr. č. 13. dopravník tryskače
netryskané klikové hřídele

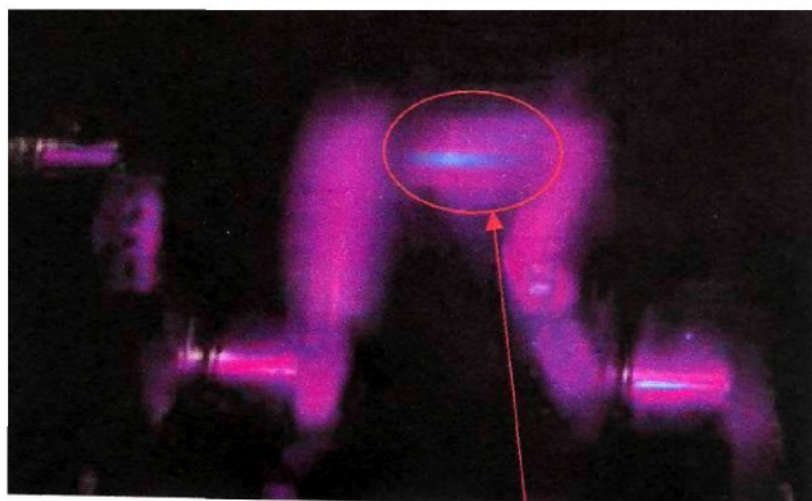


obr. č. 14. dopravník tryskače
otryskané klikové hřídele

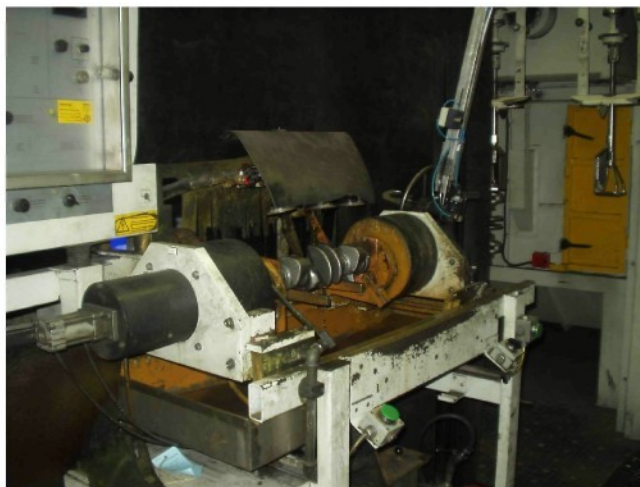
Výrobní kontrola:

Kontrola vnitřních vad materiálu – defektoskop TIEDE W600.

Výkovek je vložen do defektoskopu a je zmagnetizován. Poté je postříkán detekční kapalinou a pod speciálním světlem se pozoruje zda nejsou na výkovku trhliny



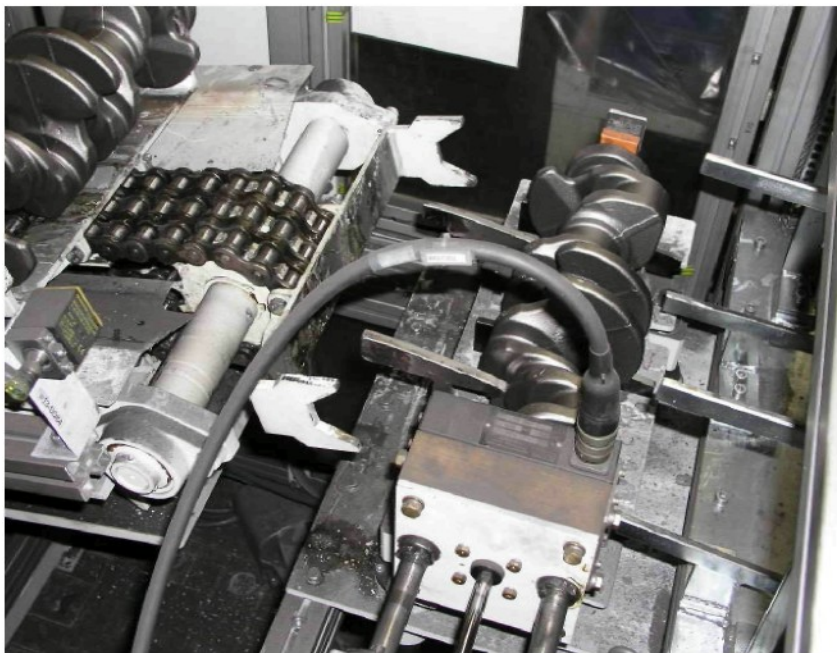
obr. č. 15. vada zjištěná defektoskopem



obr. č. 16. defektoskop

Zařízení MAGNATEST:

MAGNATEST ECM (obr. č. 17.) je vířivoproudý modul pro třídění dílů podle jejich materiálových vlastností, chemického složení, povrchové tvrdosti nebo hloubky zakalení. Tento přístroj pracuje na principu magneto-induktivního zkoušení s vyhodnocováním vyšších harmonických a spolehlivě zjišťuje záměnu materiálu nebo nepřípustné odchylky od požadovaných vlastností. Díly, jejichž vlastnosti leží v tolerančním pásmu, jsou vytříděny jako DOBRÉ díly. Díly mimo toleranční pásmo jsou vytříděny jako ŠPATNÉ díly. [8]



obr. č. 17. Magnatest EMC 3.621

2. 2. Tváření kovů

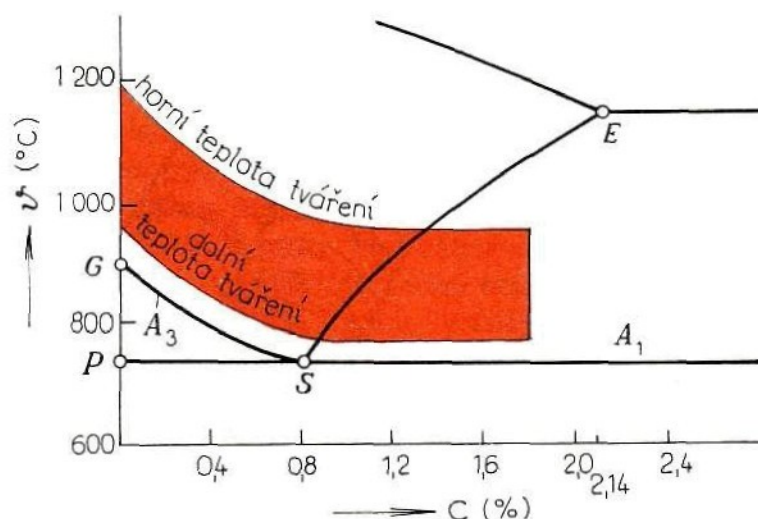
Při tváření kovů se využívá plastičnosti kovů, tj. jejich způsobilosti podléhat za určitých podmínek při působení vnějších sil trvalé deformaci bez porušení celistvosti. Tváří se za tepla nebo za studena, tváření lze též podle stupně přetvoření rozlišit na plošné a objemové. Nejběžnějšími způsoby tváření kovů jsou válcování, tažení, lisování a především volné a zápusťkové kování.

Tato práce je spjata s tvářením kovů za tepla, jmenovitě se zápusťkovým kovááním na lisu, o ostatních technologiích tváření se proto podrobněji nezmiňuje. [1]

2.2.1. Tváření kovů za tepla

Při tváření za tepla se ohřevem zmenšuje pevnost materiálu, a tím se zlepšuje jeho tvárnost (vlivem vysokých teplot probíhají zároveň zpevňovací i odpevňovací pochody – pohyb dislokací, umožňující plastickou deformaci, je tak snadnější). Struktura je jemnější a houževnatější (následkem rekrytalizace).

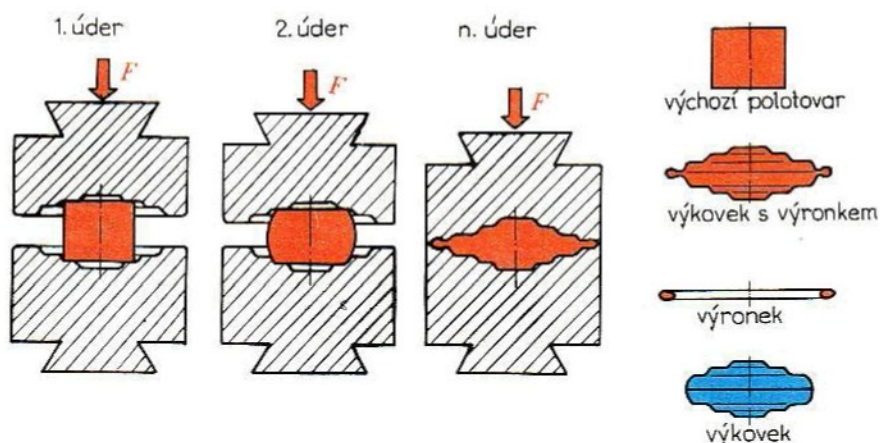
Tváření za tepla obecně probíhá za teplot vyšších, než je tzv. **teplota primární rekrytalizace T_R** , což je přibližně 0,35-0,40 teploty tání daného materiálu. Oblast kovacíh teplot běžných ocelí je znázorněna na obr. č. 18.



obr. č. 18. Oblast tváření za tepla v RD Fe-Fe₃C

2.2.2. Zápustkové kování na lisech

Zápustka je ocelová dvoudílná forma, jejíž obě poloviny vytvářejí dutinu, odpovídající vnějšímu tvaru výkovku. Ohřátý materiál se vloží do zápustky a působí se na něj silou tvářecího stroje. Materiál postupně vyplňuje zápustku, až vyplní celou dutinu (obr. č. 19).



obr. č. 19. Postup při kování v zápustce

Výkovky ze zápustek jsou velmi jakostní. Výroba zápustek je však drahá, proto se tento způsob hodí jen pro sériovou a hromadnou výrobu.

Výkovky vždy nelze vykovat v jedné zápustce. Někdy se musí nejdříve předkovat v předběžné zápustce a dokončí se v zápustce dokončovací. Takovým zápustkám se říká postupové. [1]

Výchozím polotovarem pro kování na klikových lisech je zpravidla přesný přířez z tyčového materiálu.

Při kování na lisech se celá dutina vyplní na jeden zdvih lisu. Deformace proniká téměř okamžitě do celé hloubky přetvářeného polotovaru a probíhá stejnoměrně.

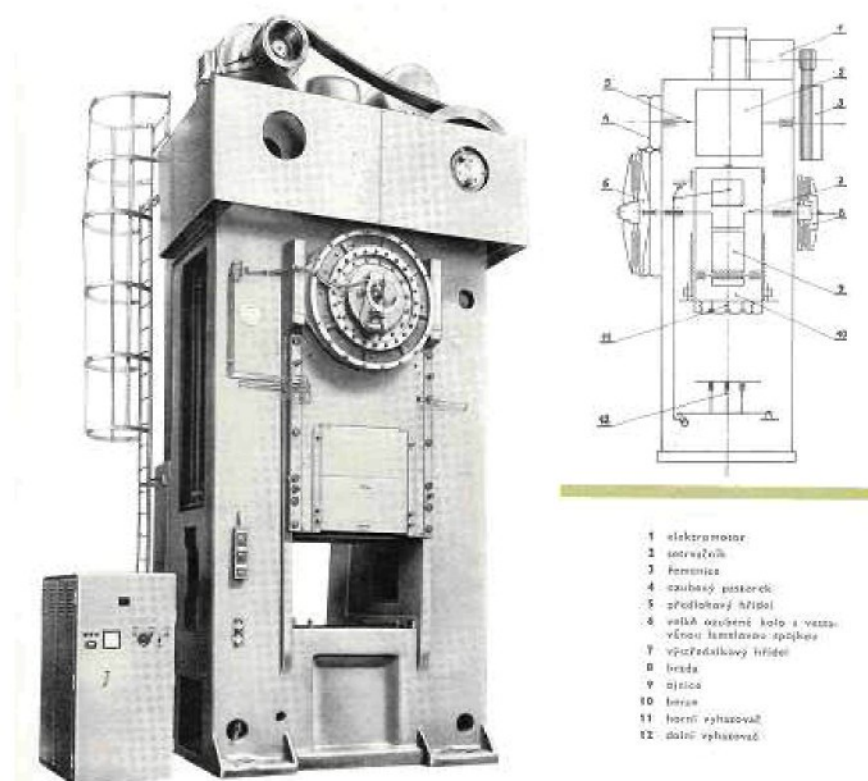
Na kovacím klikovém lisu lze kovat s výronkem i bez něj. Výronky se ostříhují na ostříhovacím lisu.

Kove se v **několikadutinové zápustce**, výkovky se z dutin vyjímají pomocí vyhazovačů a robotů a zápustka musí být po každé vyčištěna od okují stlačeným vzduchem.

Také je potřeba zajistit očištění ohřátého přířezu od okují dříve, než jde do lisu vzhledem k tomu, že vylisujeme výkovek na jeden zdvih lisu - okuje se zamačkávají do povrchu výkovku a vznikají pohledové a funkční vady.

Výkovky vyráběné technologií strojního kování na klikových lisech se vyznačují velkou rozměrovou přesností, malými přídávky na obrábění, poměrně stejným prokovaním celého objemu materiálu a stejnými mechanickými vlastnostmi všech výkovků z výrobní dávky. [5]

Zápustkové kování na lisech nevyžaduje velké provozní náklady ale přitom má velkou účinnost.



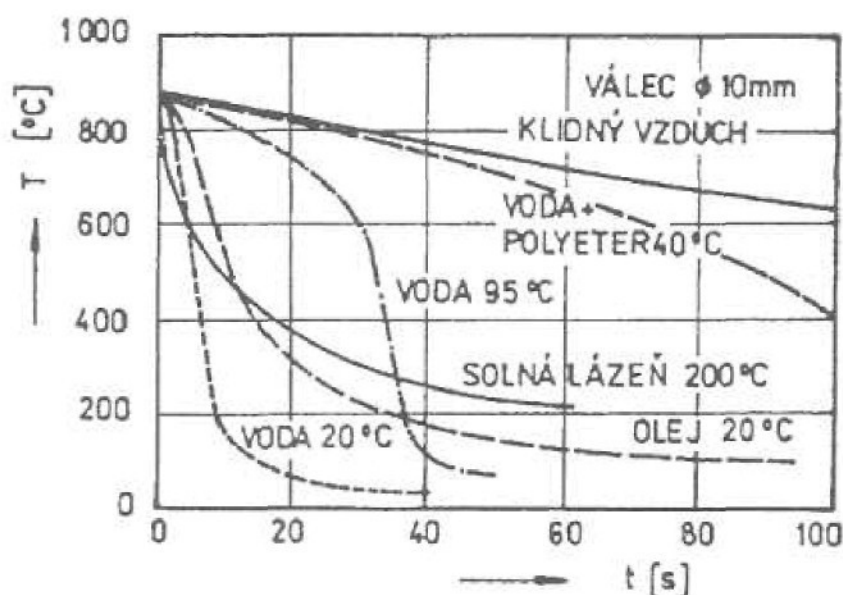
obr. č. 20. Klikový lis

2.3. Ochlazovací prostředí pro TZ

Optimální ochlazovací prostředí je takové, které umožní ochlazování příslušných objemů rychlostí jen o málo překračující rychlost kritickou, neboť nadměrně velké ochlazovací rychlosti vedou ke zvýšení úrovně vnitřních teplotních a strukturálních pnutí.

Ochlazování (u ocelí) by mělo probíhat rychle v oblasti perlitické přeměny (650 – 550 °C) a relativně malou rychlostí v oblasti martenzitické přeměny (350 – 250 °C) ale ne tak, aby došlo ke stabilizaci zbytkového austenitu. Ochlazovací účinnost závisí především na tepelné vodivosti, měrném a výparném teple a na viskozitě kalicího prostředí.

Typy ochlazovacích prostředí:



obr. č. 21. Ochlazovací křivky středu ocelového válce o průměru 10 mm

Voda – nenáročné, nehořlavé, levné a nejběžnější prostředí; nejúčinnější je u nosu křivky v ARA diagramu, nevhodná je velká rychlost v martenzitické oblasti (zvyšuje úroveň pnutí). S vyšší teplotou klesá ochlazovací účinnost v perlitické oblasti ale jen málo v martenzitické => není žádoucí. Účinnost ochlazování se zvyšuje pohybem vody, přidavkem různých kyselin, solí, louhů, nebo polymerů.

Oleje – mají ve srovnání s vodou 3 – 4x menší rychlost ochlazování v perlitické oblasti a téměř 10x menší v martenzitické oblasti ochlazovací účinnost se téměř nemění výhodou jsou malá vnitřní pnutí nevýhodou pak nebezpečí vznícení a špatný vliv na životní prostředí.

Vzduch – nejmírnější a nejlevnější prostředí. Ochlazování je plynulé, účinek lze zajistit prouděním vzduchu, příp. vodní mlhou.

Teplé lázně - taveniny kovů (Pb, Sn), oleje (do 250 °C) nebo taveniny solí, účinnost je poměrně malá [4] .

Vysokovýkonný kalicí olej DURIXOL W72

Olej DURIXOL W72 se vyznačuje vysokou životností a odolností proti oxidaci. Olej zaručuje dlouhodobé zachování vysoké ochlazovací rychlosti kolem 110°C/s v maximu podle metody Quenchttest. Vysoká stabilita oleje je dána velmi přesným chemickým složením a aditivy s vysokou stabilitou.

Nízká viskozita a lepivost oleje zajišťuje malý výnos z lázně. Vysoká ochlazovací rychlost zaručuje dostatečné prokalení. Do oleje je možné kalit i velmi špatně prokalitelné oceli a větší průřezy zpracovávaných dílů.

Oleje jsou určeny pro kalení dílů uspořádaných do vsázek v otevřených i uzavřených zařízeních pro tepelné zpracování, jako jsou např. víceúčelové pece, průběžné cementační pece, zvonové pece a pece s vodorovnou retortou.

Olej nezanechává na povrchu neoxidovaných dílů zbytky, ale je velmi dobře oprařitelný minimálními koncentracemi pracích prostředků.[8]

2. 4. Mechanické vlastnosti materiálů

Mechanické vlastnosti kvantitativně hodnotí chování materiálu za působení vnějších mechanických sil. Mezi základní mechanické vlastnosti patří pružnost a pevnost, plasticita, houževnatost, zatímco další vlastnosti jako tvrdost, odolnost proti únavě, tečení, jsou považovány za odvozené od těch základních pro určité podmínky namáhání. [2]

V práci jsou vyhodnocovány zkoušky tvrdosti materiálu, proto zde ostatní mechanické vlastnosti a jejich zkoušení nebudou vzhledem k rozsáhlosti tématu podrobněji popisovány.

Tvrdost a mikrotvrdost

Tvrdost je obecně odolnost materiálu proti vnikání cizího tělesa.

Podle účelu měření tvrdosti mluvíme o **makrotvrdosti**, kdy se hodnotí tvrdost materiálu jako celku, nebo o **mikrotvrdosti**, při lokálním stanovení vlastností

V současné době existuje **velké množství zkoušek tvrdosti**, které lze podle použitého principu rozdělit na **3 zákl. metody**:

- **vrypové**, které jako nejstarší hodnotily rozměry vrypu, vytvořeného diamantovým tělesem, určitého tvaru, na vyleštěný povrch (Martensova zkouška)
- **odrazové**, při kterých dopadá z určité výšky závaží definovaného tvaru a hmotnosti na povrch zkoušeného materiálu a hodnotí se výška odrazu (Shoreho zkouška)
- **vnikací**, kdy se do materiálu vtlačuje vhodný indenter předepsanou silou, vyhodnocují se tvar i rozměr vzniklého vtisku, podle kterých se stanovuje hodnota tvrdosti (Brinellova, Vickersova a Rockwelova zkouška) [2]

Podrobnější popis použitých zkoušek, jejich podmínek a způsob vyhodnocování je uveden v praktické části práce.

2.5. Oceli k zušlechťování

Do této skupiny patří oceli se středním obsahem uhlíku, které se po kalení popouštějí na vyšší teploty (až na teploty pod A_{c1}), aby se dosáhlo vysoké houževnatosti při zachování vhodné pevnosti. Zlepšení mechanických vlastností ocelí jejich zušlechtěním je způsobeno zjemněním zrna a především rovnoměrným rozdělením jemných karbidů. Uhlíkové oceli s vyšším obsahem uhlíku se zpravidla jen normalizačně žíhají a popouštějí na vyšší teploty. Strojní součásti u nichž se požaduje vysoká tvrdost povrchu, se buď povrchově kalí, nebo nitridují.

Součásti, které mají mít velkou tvrdost povrchu a u nichž není vhodné ani povrchové kalení, ani cementování, popouštějí se jen na nízké teploty, aby se zachovala vysoká tvrdost po kalení. Pro tento účel se používají oceli kalitelné na vzduchu nebo v oleji, které mají i při vyšší tvrdosti dobré ostatní mechanické vlastnosti.

Podle chemického složení se oceli k zušlechťování dělí na:

- uhlíkové
- manganové
- mangankřemíkové
- manganvanadiové
- chrómové
- manganchrómové
- chrómkřemíkové
- manganchrómkřemíkové
- chrómmolybdenové
- chrómvanadiové
- chrómhliníkové
- chrómhliníkmolybdenové
- manganchrómvanadiové
- chrómníkové

Zvyšováním obsahu uhlíku se snižuje kalicí teplota a zvětšuje se pevnost po kalení. Slitinové prvky posunují body přeměny, a tím mění i teploty jednotlivých operací tepelného zpracování. Všechny uvedené slitinové prvky zvyšují prokalitelnost oceli, a tím mají vliv i na volbu vhodného ochlazovacího prostředí pro daný rozměr a tvar předmětu. S výjimkou hliníku snižují polohu počátku martenzitické přeměny, a tím působí na výslednou tvrdost. Vlivem slitinových prvků na vznik popouštěcí křehkosti je dán i způsob ochlazování po popouštění. Slitinové prvky mají významný vliv na mechanické vlastnosti oceli, zejména na jejich změny při popouštění.

Zvláštní skupinou ocelí k zušlechťování tvoří oceli se zaručenými mechanickými vlastnostmi za tepla. Tyto oceli mají všechny poměrně nízký obsah uhlíku. Zvýšení mechanických hodnot při vyšších teplotách se dosahuje přidáním slitinových prvků, především molybdenu, chromu a vanadu. Nejjednodušším způsobem tepelného zpracování ocelí této skupiny je normalizační žhání.

U ostatních ocelí této skupiny se provádí i kalení s následným popouštěním. Všechny tyto oceli nejsou náchylné na popouštěcí křehkost. [3]

Ocel 42CrMoS4

Ocel s příznivou houževnatostí i při velké pevnosti, odolná při popouštění, použitelná asi do 500°C. Zvýšené odolnosti proti opotřebení nabývá zušlechtěním nad 1050 MPa.

Používá se na namáhané díly velké pevnosti i houževnatosti, např. součásti motorových vozidel. Zejména na velmi namáhané hřídele, části řízení, spojovací součásti i pro vyšší teploty. [6]

3.EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Materiál výkovku

Výkovky klikového hřídele R 038 105 101 AB (obr. č. 22) jsou vyráběny z materiálu 42CrMoS4. Jedná se o loupanou manganchromovou ocel, která je dodávána do ŠKODA AUTO a. s. ve formě tyčí s kruhovým průřezem o průměru 87,5 mm. Výrobce jsou Třinecké Železářny.



obr. č. 22. kliková hřídel

Výkresové hodnoty : pevnost v tahu **1000 ÷ 1150 Nmm⁻²**

Výkresové hodnoty meze pevnosti v tahu – Rm [N/mm²] převedeny dle ČSN EN ISO 18265 – Příloha B, tabulka B.2 na hodnoty tvrdosti HBW.

Tvrdost **315 ÷ 362 HBW**

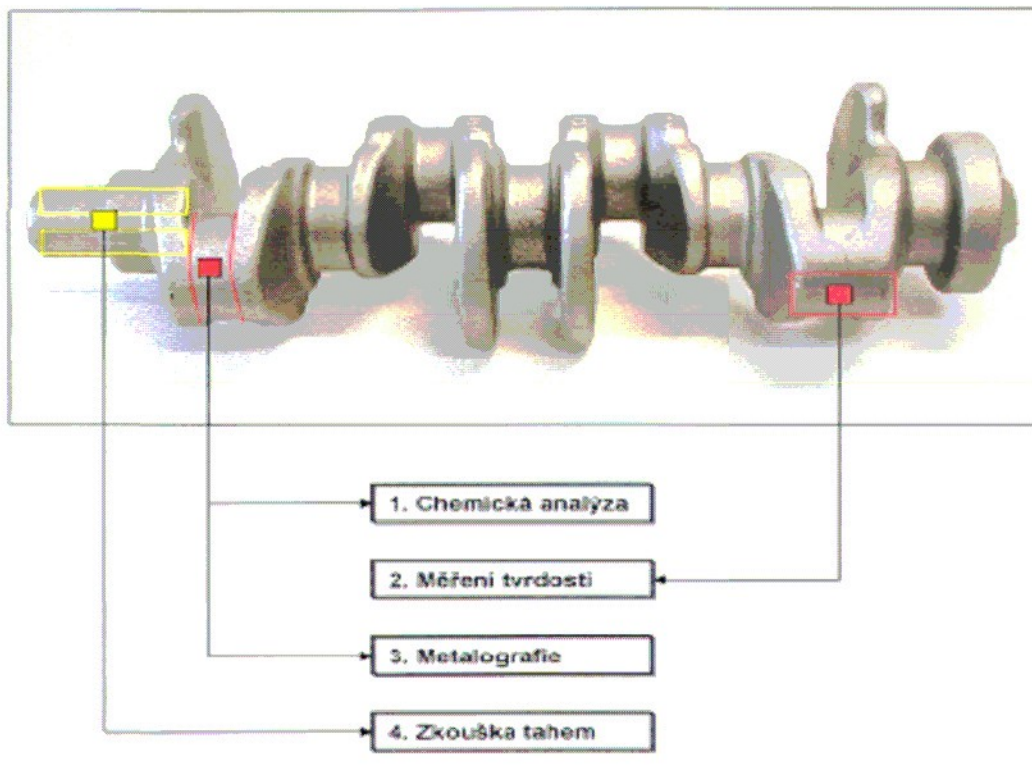
3.1.1. Požadavky na materiál výkovku

Na materiál klikové hřídele jsou předepsány požadavky normou ČSN EN 10083-1 a jsou stanoveny požadavky v přejímacích podmínkách dle materiálového listu (viz. příloha 1).

V rámci mé bakalářské práce byly sledovány tyto charakteristiky

- chemické složení
- struktura – výkovky po tepelném zpracování by měly vykazovat feriticko-perlitickou strukturu. Jiné typy jsou nepřípustné.
- tvrdost – tvrdost by se měla pohybovat v rozmezí 315 ÷ 362 HBW
- pevnost v tahu (R_m) – hodnoty by se měly pohybovat v rozmezí 1000 ÷ 1150 Nmm⁻²
- pevnost v kluzu ($R_{p0,2}$) – hodnoty by měli být ≥ 900 Nmm⁻²
- vlastnosti chladicího média

3.2. MÍSTO ODBĚRU VZORKŮ



obr. č. 23. místa odběru vzorků pro jednotlivé zkoušky

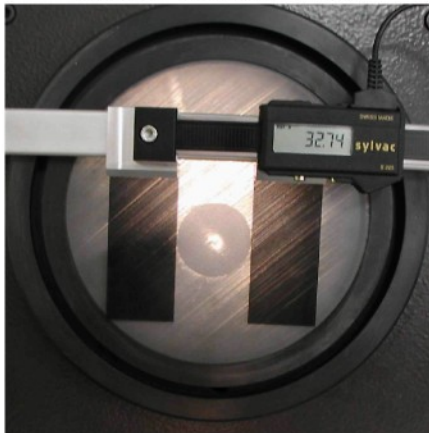
3.3. MĚŘENÍ TVRDOSTI

Tvrlost materiálu byla měřena Brinellovým tvrdoměrem typu DIA TESTOR 3B, výrobce WOLPERT (obr. č. 24.). Byla použita kulička z tvrdokovu o 5 mm. Velikost zkušebního zatížení $F = 7355 \text{ N}$

Tvrlost byla měřena na výkvcích po jemném broušení povrchu (obr.č. 23.) ve firmě ŠKODA AUTO a. s., v laboratoři VAH 3. Na každém vzorku byly provedeny dva vtisky (obr. č. 25.). Hodnoty tvrdosti, včetně aritmetického průměru z obou vtisků, je uvedena v tabulkách 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20 a 23. A v grafech 1, 3, 5, 7, 9, 15, 17, a 19.



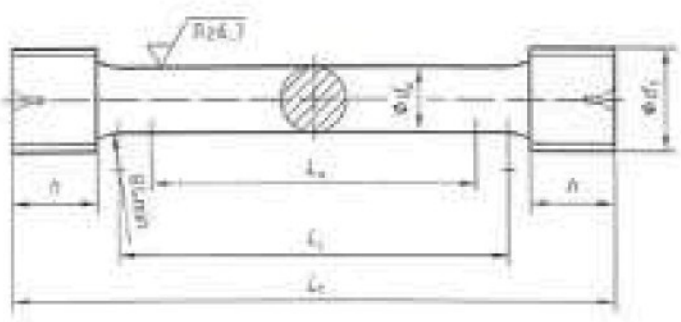
obr. č. 24. tvrdoměr



obr. č. 25. vtisk po kuličce $\varnothing 5 \text{ mm}$

3.4. MĚŘENÍ PEVNOSTI

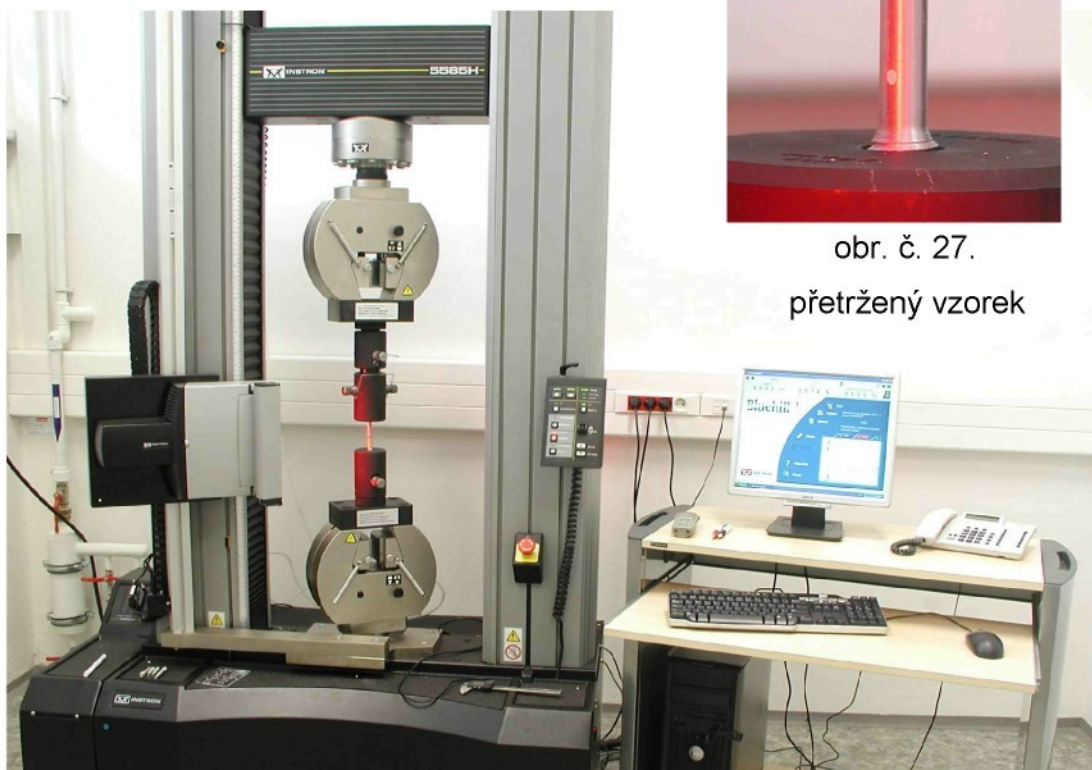
Pevnost materiálu byla měřena na univerzálním zkušebním stroji INSTRON 5585H, výrobce INSTRON (obr. č. 28.). Bylo použito zkušební rychlosti 10 MPa/s a 0,004 MPa/s. Pevnost byla měřena na zkušebních tyčkách vyrobených ze zkoušených klikových hřídelí (obr. č. 26., 27.). Z každé klikové hřídele byly vyrobeny dvě zkušební tyčky. Hodnoty pevnosti, včetně aritmetického průměru, jsou uvedeny v tabulkách 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 24 a 25. A v grafech 2, 4, 6, 8, 10, 16, 18 a 20. Měřicí protokoly viz příloha č. 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11.



obr. č. 26. rozměry zkušební tyčky



obr. č. 27.
přetržený vzorek



obr. č. 28. univerzální zkušební stroj

3.5. METALOGRAFIE

Příprava metalografických výbrusů pro mikroskopickou zkoušku:

Vlastní příprava se dělí na 3 fáze

1) Odběr vzorků

Vzorky pro metalografické hodnocení byly odebrány vyříznutím z výkovků na rozbrušovací pile pro metalografické účely firmy Struers, typ Discotom 2, z předem definovaného místa (obr. č. 23.). Vzorky byly během řezání ochlazovány proudem vody aby nedošlo k vyhřátí jejich řezné plochy.

2) Zalisování vzorků

Výbrusy byly zhotoveny ve speciálním lisu firmy Leco, typ PR-32. vzorek byl uložen do pracovního válce, zasypán sypkou hmotou „Thermoplastic Lucite“ a uzavřen. Vzorky byly označeny evidenčním číslem. Zařízení pracuje v automatickém režimu, kdy za působení tlaku 29,5 MPa a teploty 140-150°C dochází ke slinutí zásypové hmoty a po následném ochlazení k jejímu vytvrzení.

3) Broušení a leštění

Broušení a leštění bylo provedeno na poloautomatickém zařízení firmy Leco, typ AP 300. na zařízení byly předem naprogramovány jednotlivé kroky broušení a leštění. Po každém kroku byl nutný dokonalý oplach vzorků a výměna brusného papíru, resp. Leštícího plátna a suspenzí. Vyleštěné výbrusy po vyjmutí z držáku byly opláchnuty lihem a vysušeny.

Metalografické hodnocení

K hodnocení byl použit metalografický mikroskop PMG 3 (obr. Č. 28.) od firmy Olympus. Hodnocen byly vždy dva vzorky z každé tavby a tepelného zpracování. Strukturní složky byly hodnoceny po naleptání 2%ním roztokem

kyseliny dusičné v alkoholu (nital), při 100násobném a 500násobném zvětšení .



obr. č. 29. optický mikroskop PMG 3



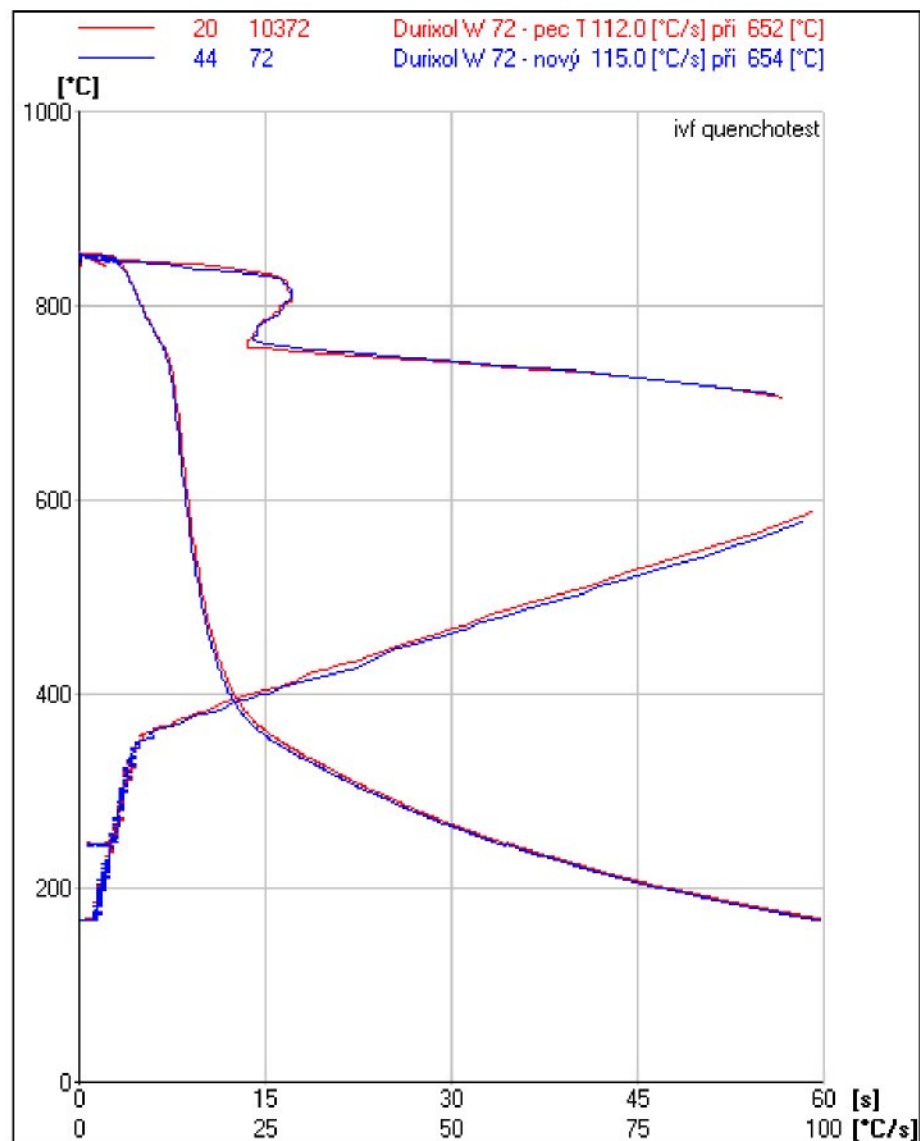
obr. č. 30. místo pro hodnocení mikrostruktury

3.6. KONTROLA CHLADÍCIHO MÉDIA

Vlastnosti chladícího média byly měřeny pomocí ivf QUENCHOTEST. Měřicí sonda se zahřeje na teplotu 855°C a vloží se do nádoby se vzorkem měřeného oleje, který je zahřátý na teplotu 60°C. Výsledkem je graficky znázorněná ochlazovací rychlost – ochlazovací křivka. Na základě tohoto grafického znázornění se rozhodne zda je ochlazovací médium vhodné pro daný materiál.

3.6.1. ochlazovací křivka oleje DURIXOL W72

Zadal: Studničný
Měřil: Říhová
Protokol: 2592
Nové kalící médium: Durixol W 72 - nový olej
Porovnávaný vzorek: Durixol W 72 - pec T7
Datum: 23.03.2007
Poznámka: voda = 0,01%



Ochlazovací křivka, pro olej DURIXOL W72, je vhodná pro materiál 42CrMoS4.

3.7. CHEMICKÉ SLOŽENÍ

Kontrola chemického složení na kvantometru QUANTRON Magellan (obr. č. 31.) byla provedena vždy na jednom vzorku z celé tavby (obr. č. 23.). Výsledky v hmotnostních % jsou uvedeny v tabulce 2.



Obr. č. 31. kvantometr QUANTRON Magellan

3.7.1. Chemické složení jednotlivých taveb

Tab. 2. obsah chemických prvků v jednotlivých tavebách

Chemický prvek [%]	Předpis	Tavba H	Tavba I	Tavba C
C	0,38÷0,45	0,430	0,445	0,424
Mn	0,60÷0,90	0,805	0,780	0,800
Si	≤0,40	0,284	0,294	0,280
P	≤0,035	0,0252	0,0165	0,0160
S	0,020÷0,040	0,0300	0,0242	0,0263
Cr	0,90÷1,20	1,03	1,14	1,01
Mo	0,15÷0,30	0,186	0,192	0,190

Chemické složení jednotlivých taveb odpovídá předpisu

Předpis viz příloha č. 13., 15., 17. - atesty od dodavatele.

Celé spektrum zjištěných chemických prvků viz protokoly měření chemického složení viz příloha č. 14., 16., 18.

3.8. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

3.8.1. BEZ CIRKULACE

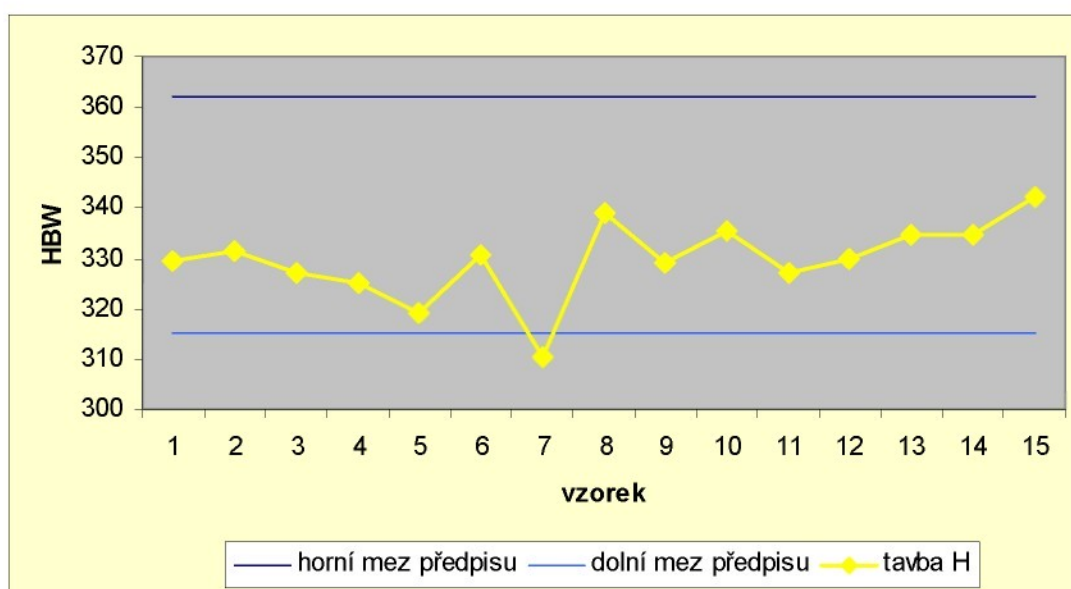
3.8.1.1. tavba H

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tvrдост

Tab. 3. tvrdost

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	331	328	329
2	336	327	331
3	326	328	327
4	326	324	325
5	315	323	319
6	333	328	330
7	310	311	310
8	339	339	339
9	325	333	329
10	334	337	335
11	331	323	327
12	327	333	330
13	335	334	334
14	336	333	334
15	339	345	342



graf č. 1. tvrdost

Hodnoty tvrdosti jsou v předepsaných tolerančních mezích. Hodnotu měření č. 7. můžeme považovat za chybu způsobenou při měření.

Pevnost

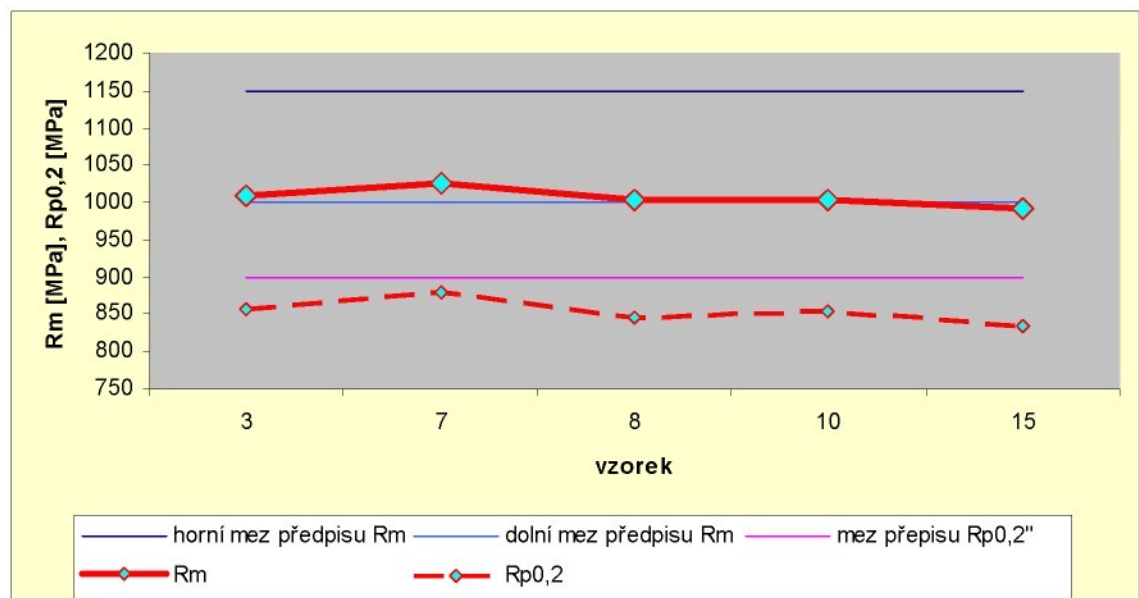
- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tab. 4. pevnost

Číslo vzorku	R _m [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
3	1025,1	995,1	1010,10
7	1013,9	1038,0	1025,95
8	1003,9	1001,5	1002,70
10	1005,7	1002,9	1004,30
15	991,8	990,7	991,25

Tab. 5. pevnost

Číslo vzorku	R _{p0,2} [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
3	881,1	834,7	857,90
7	863,9	896,0	879,95
8	846,3	847,0	846,65
10	852,2	854,6	853,40
15	831,7	835,3	833,50



graf č. 2. pevnost

Hodnoty pevnosti jsou na spodní hranici předepsané toleranční meze.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

obr. č. 32.

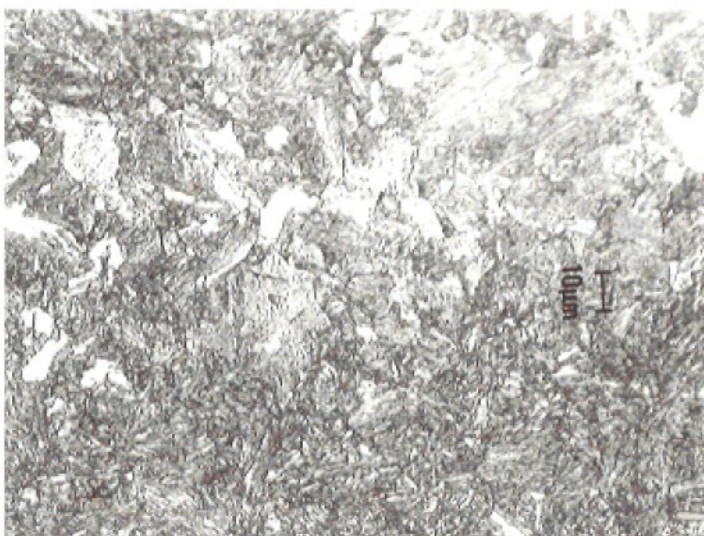
Vzorek H15
Zvětšení 100 x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 32.

obr. č. 33.

Vzorek H15
Zvětšení 500x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 33.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

Na obr. č. 32. je při 100násobném zvětšení patrna výrazná řádkovitost.

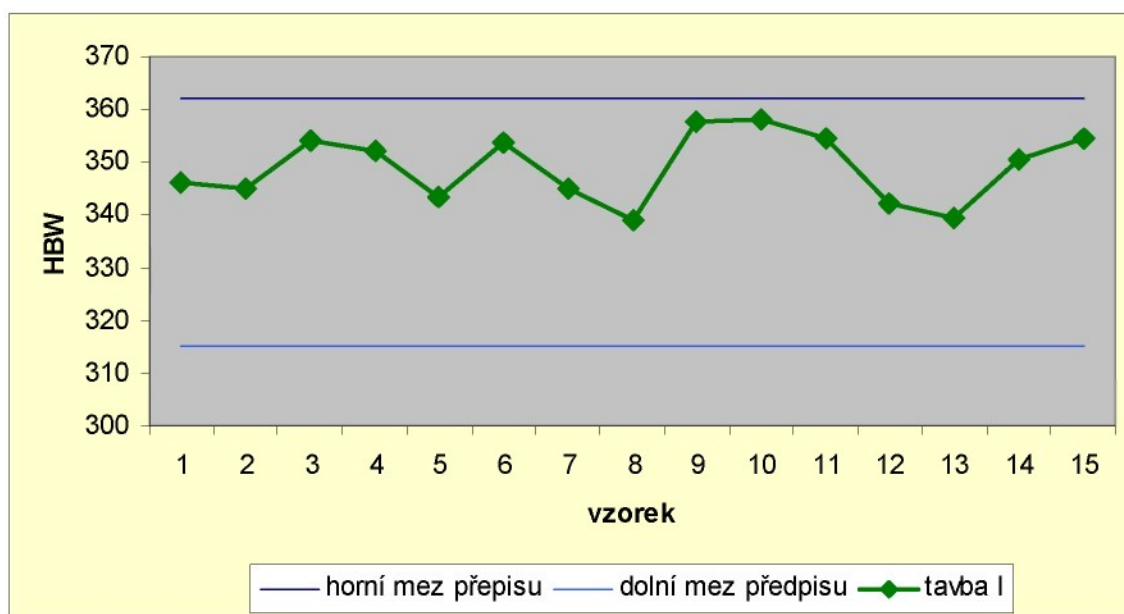
3.8.1.2. tavba I

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tvrdost

Tab. 6. tvrdost

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	346	346	346
2	345	345	345
3	355	353	354
4	352	352	352
5	342	345	343
6	356	351	353
7	343	347	345
8	341	337	339
9	357	358	357
10	360	356	358
11	355	354	354
12	342	342	342
13	334	345	339
14	353	348	350
15	354	355	354



graf č. 3. tvrdost

Hodnoty tvrdosti jsou v předepsaných tolerančních mezích.

Pevnost

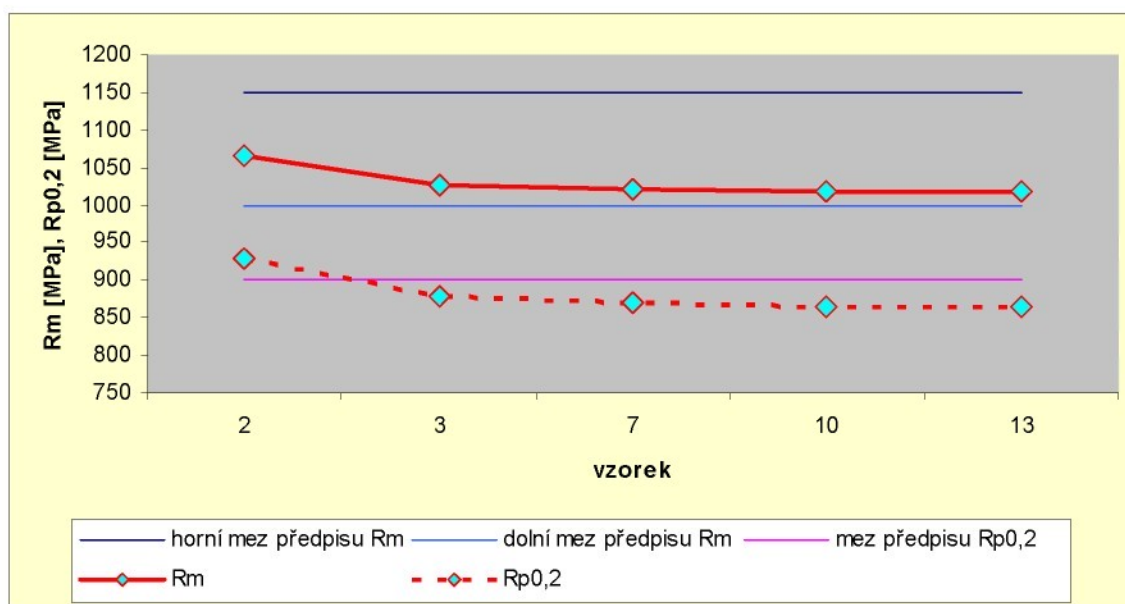
- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tab. 7. pevnost

Číslo vzorku	R _m [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
2	1053,3	1076,3	1064,80
3	1021,1	1034,6	1027,85
7	1017,9	1023,1	1020,50
10	1024,4	1012,5	1018,45
13	1025,3	1010,0	1017,65

Tab. 8. pevnost

Číslo vzorku	R _{p0,2} [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
2	916,3	943,8	930,05
3	865,5	889,5	877,50
7	868,6	871,4	870,00
10	870,8	858,5	864,65
13	870,7	860,2	865,45



graf č. 4. pevnost

Hodnoty pevnosti jsou na spodní hranici předepsané toleranční meze.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

obr. č. 34.

Vzorek I10
Zvětšení 100x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 34.

obr. č. 35.

Vzorek I10
Zvětšení 500x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 35.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

Na obr. č. 34. je při 100násobném zvětšení patrna výrazná řádkovitost.

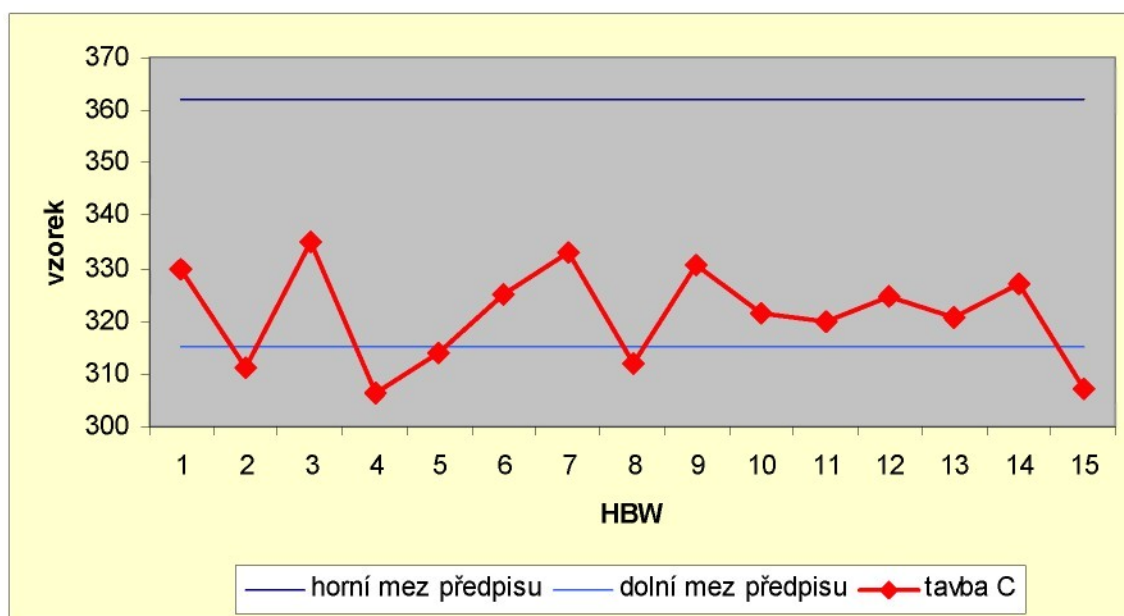
3.8.1.3. tavba C

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tvrдост

Tab. 9. tvrdost

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	338	322	330
2	317	305	311
3	331	339	335
4	304	309	306
5	312	316	314
6	326	324	325
7	333	333	333
8	309	315	312
9	336	325	330
10	318	325	321
11	318	322	320
12	324	325	324
13	314	327	320
14	332	322	327
15	311	303	307



graf č. 5. tvrdost

Hodnoty tvrdosti jsou se pohybují okolo spodní hranice toleranční meze.

Pevnost

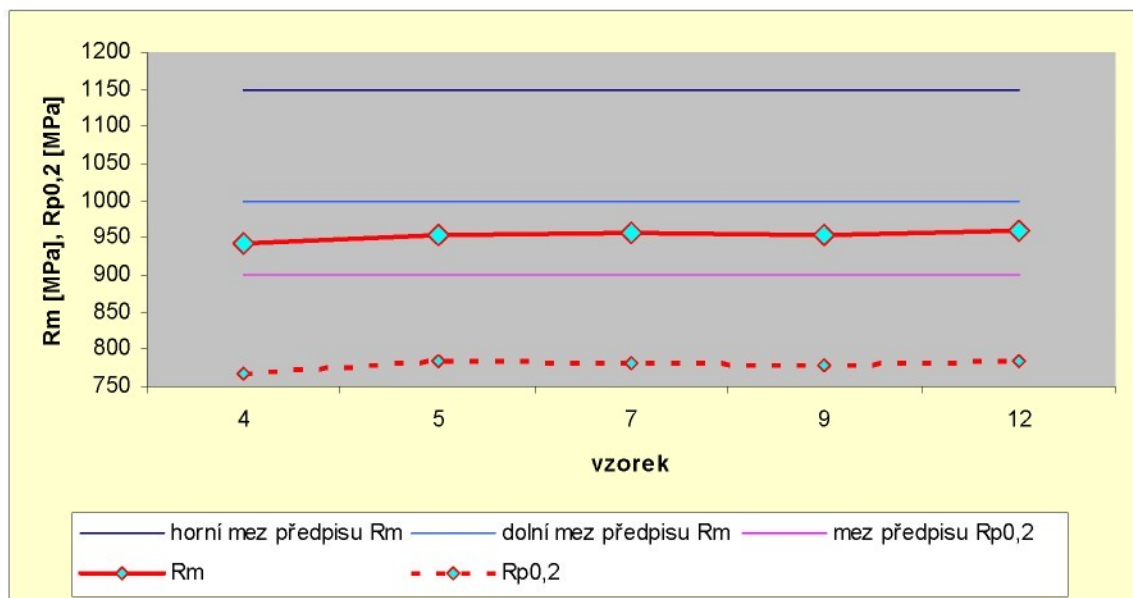
- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tab. 10. pevnost

Číslo vzorku	Rm [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	943,2	941,7	942,45
5	960,2	948,2	954,20
7	961,3	954,7	958,00
9	942,2	964,9	953,55
12	968,3	950,8	959,55

Tab. 11. pevnost

Číslo vzorku	Rp0,2 [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	769,8	761,7	765,75
5	790,5	778,3	784,40
7	788,6	775,1	781,85
9	766,7	792,3	779,50
12	793,8	774,1	783,95



graf č. 6. pevnost

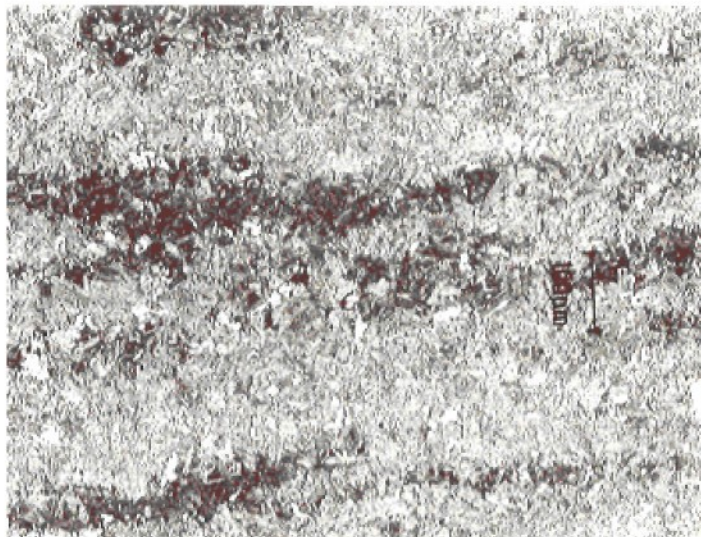
Hodnoty pevnosti jsou pod spodní hranici předepsané toleranční meze. Pohybují se cca 50 MPa pod touto mezí.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

obr. č. 36.

Vzorek C4
Zvětšení 100x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 36.

obr. Č. 37.

Vzorek C4
Zvětšení 500x
Leptání 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 37.

Velikost zrna
Struktura

Na obr. č. 36. je při 100násobném zvětšení patrna výrazná řádkovitost.

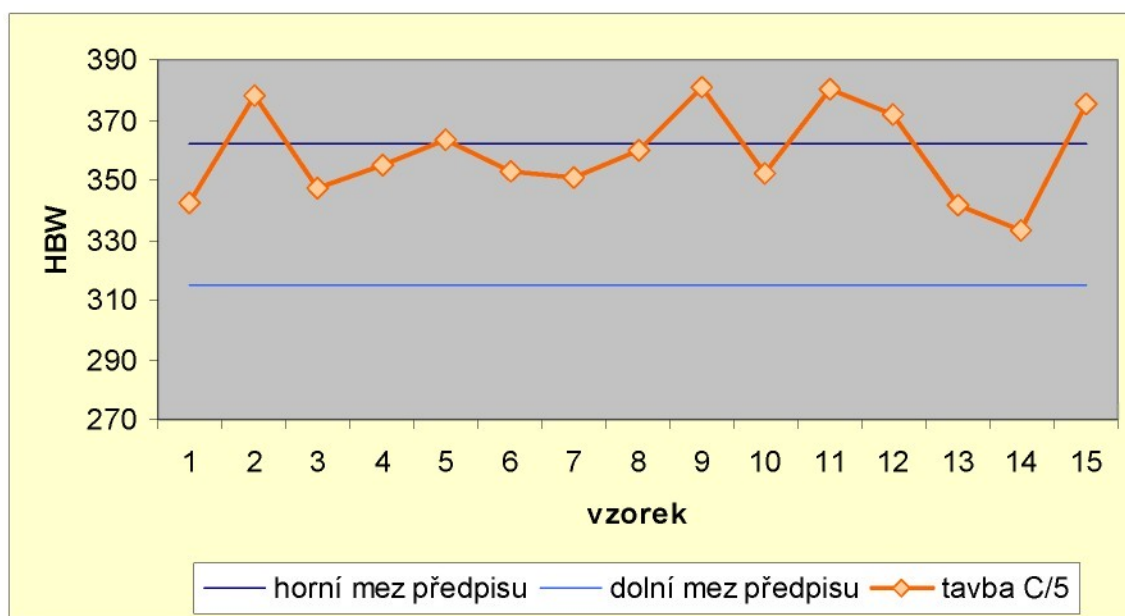
3.8.1.4. tavba C

- kaleno 860°C
- popuštěno 500°C

Tvrdość

Tab. 12. tvrdość

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	340	344	342
2	370	386	378
3	353	342	347
4	353	357	355
5	367	359	363
6	353	353	353
7	352	349	350
8	363	357	360
9	378	384	381
10	352	352	352
11	375	386	380
12	377	366	371
13	342	341	341
14	331	335	333
15	378	372	375



graf č. 7. tvrdość

Hodnoty tvrdości se pohybují okolo horní toleranční meze.

Pevnost

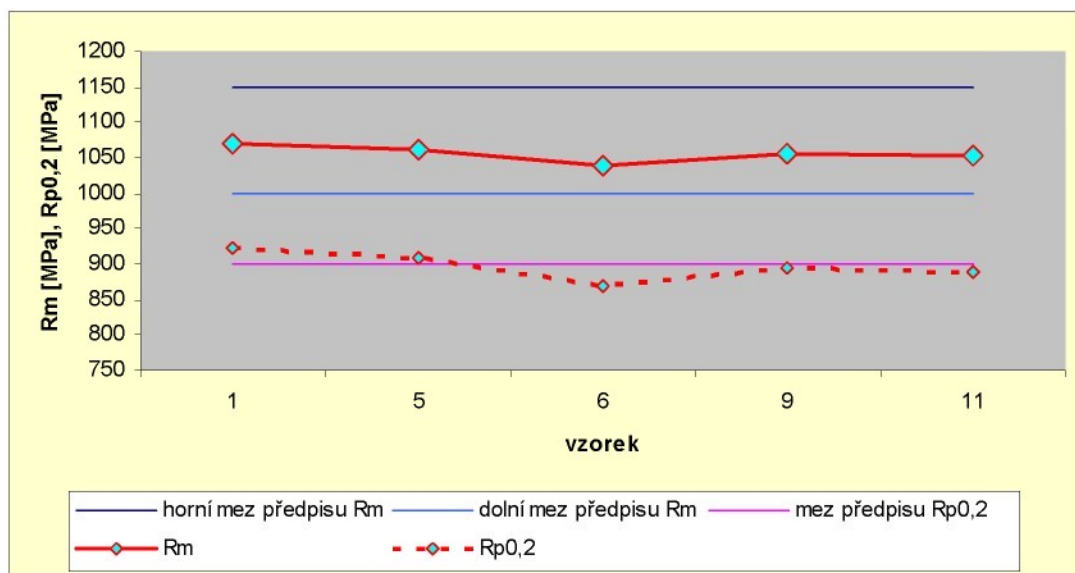
- kaleno 860°C
- popuštěno 500°C

Tab. 13. pevnost

Číslo vzorku	Rm [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
1	1066,9	1073,3	1070,10
5	1055,1	1065,9	1060,50
6	1041,7	1038,2	1039,95
9	1028,7	1084,6	1056,65
11	1064,8	1039,7	1052,25

Tab. 14. pevnost

Číslo vzorku	Rp0,2 [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
1	917,4	929,7	923,55
5	894,7	924,6	909,65
6	871,5	867,5	869,50
9	858,1	929,4	893,75
11	899,1	877,3	888,20



graf č. 8. pevnost

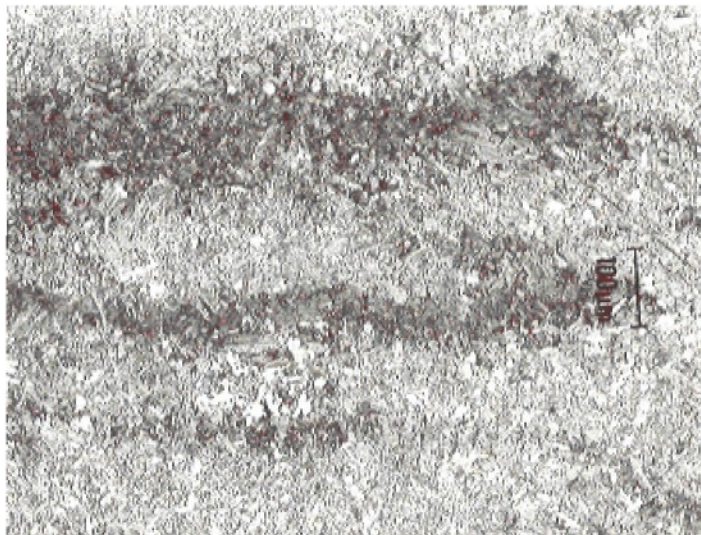
Hodnoty pevnosti v předepsaných tolerančních mezích.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 500°C

obr. č. 38.

Vzorek C1
Zvětšení 100x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 500°C



obr. č. 38.

obr. č. 39.

Vzorek C1
Zvětšení 500x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 39.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

Na obr. Č. 38. je při 100násobném zvětšení patrna výrazná řádkovitost.

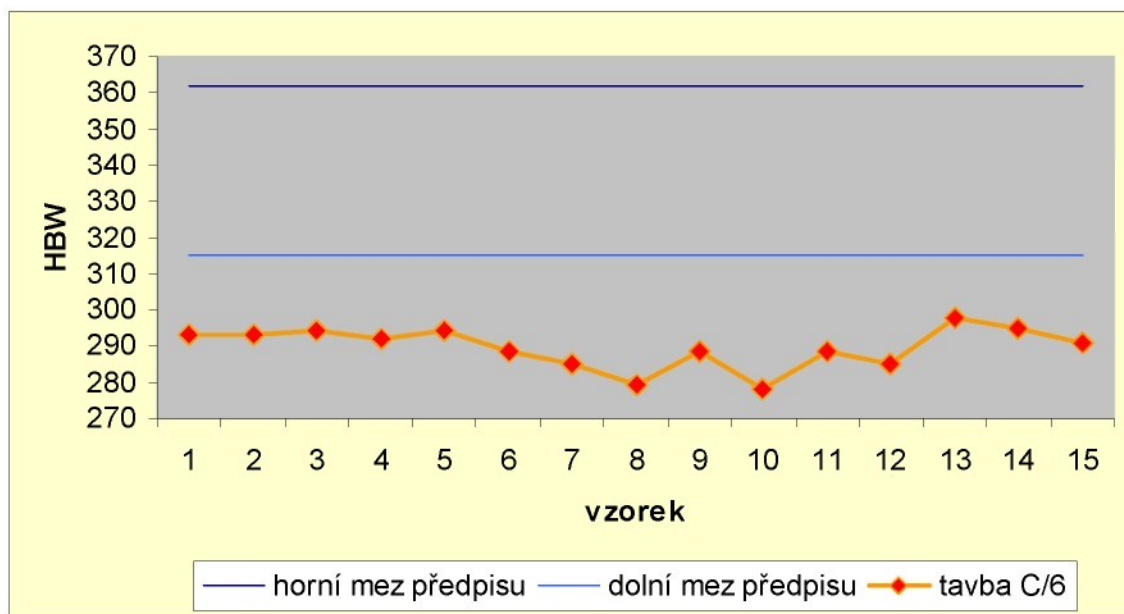
3.8.1.5. tavba C

- kaleno 860°C
- popuštěno 600°C

Tvrdost

Tab. 15. tvrdost

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	298	288	293
2	290	296	293
3	295	293	294
4	290	294	292
5	295	293	294
6	289	288	288
7	288	282	285
8	280	278	279
9	290	287	288
10	276	280	278
11	287	290	288
12	284	286	285
13	296	299	297
14	294	296	295
15	293	289	291



graf č. 9. tvrdost

Hodnoty tvrdosti nejsou v předepsaných tolerančních mezích, pohybují se cca 35 ± 20 HBW

Pevnost

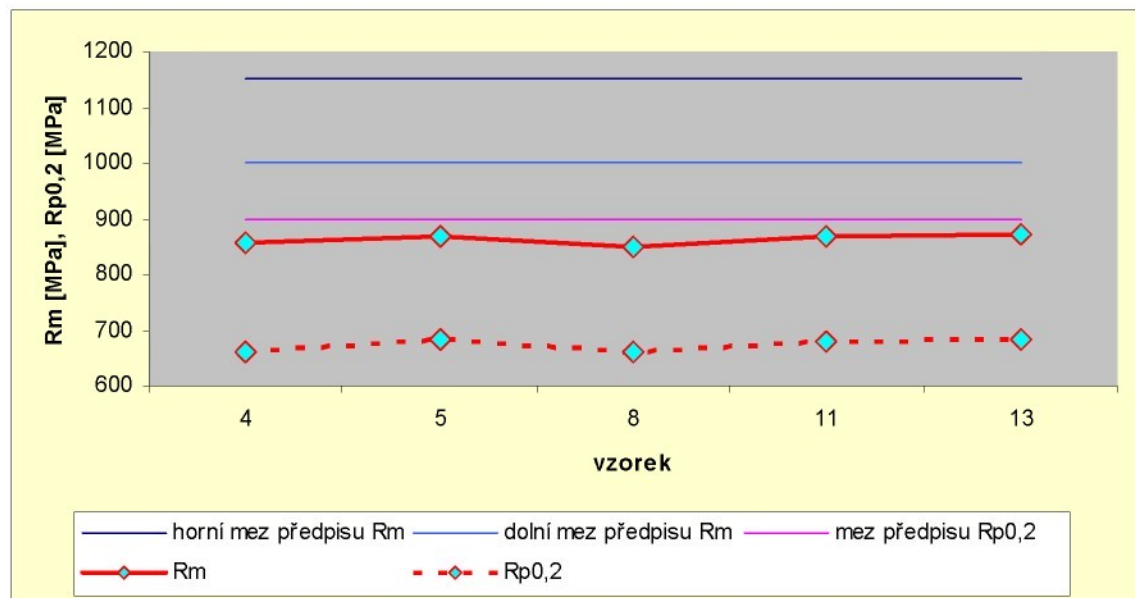
- kaleno 860°C
- popuštěno 600°C

Tab. 16. pevnost

Číslo vzorku	R _m [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	871,1	842,3	857,70
5	867,0	-	867,00
8	853,5	845,3	849,40
11	860,0	875,3	867,65
13	862,7	879,2	870,95

Tab. 17. pevnost

Číslo vzorku	R _{p0,2} [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	678,6	645,5	662,05
5	683,0	-	683,00
8	667,0	657,3	662,15
11	670,1	691,7	680,90
13	670,4	693,3	681,85



graf č. 10. pevnost

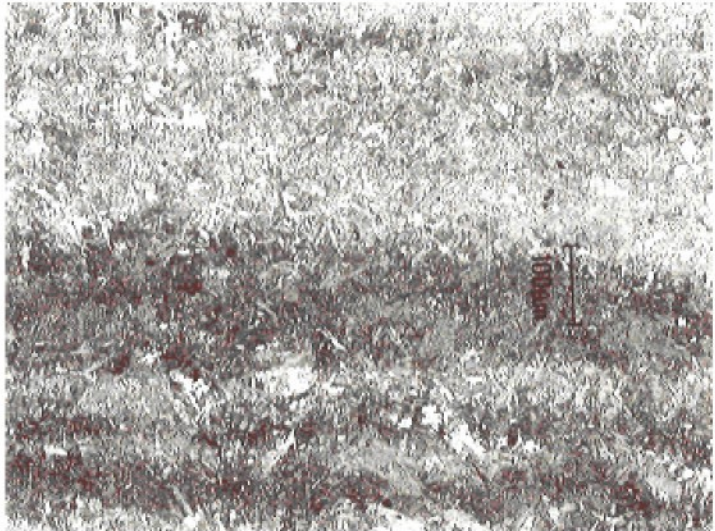
Hodnoty pevnosti jsou mimo předepsanou toleranční mez. Pohybují se cca 150 MPa pod touto mezí.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 600°C

obr. č. 40.

Vzorek C13
Zvětšení 100x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 40.

obr. č. 41.

Vzorek C13
Zvětšení 500x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C

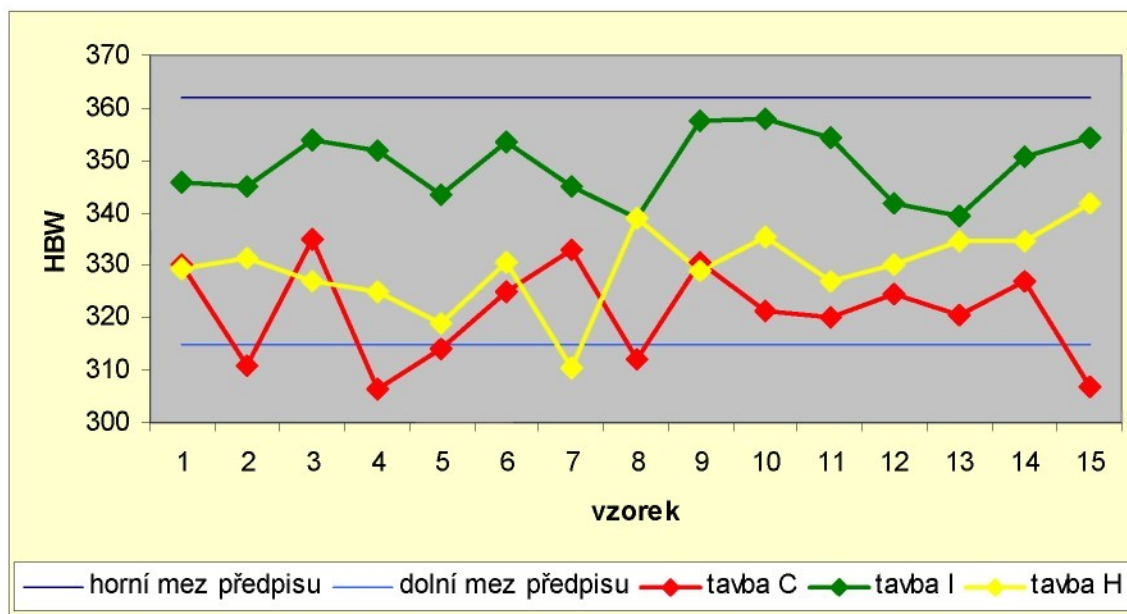


obr. č. 41.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

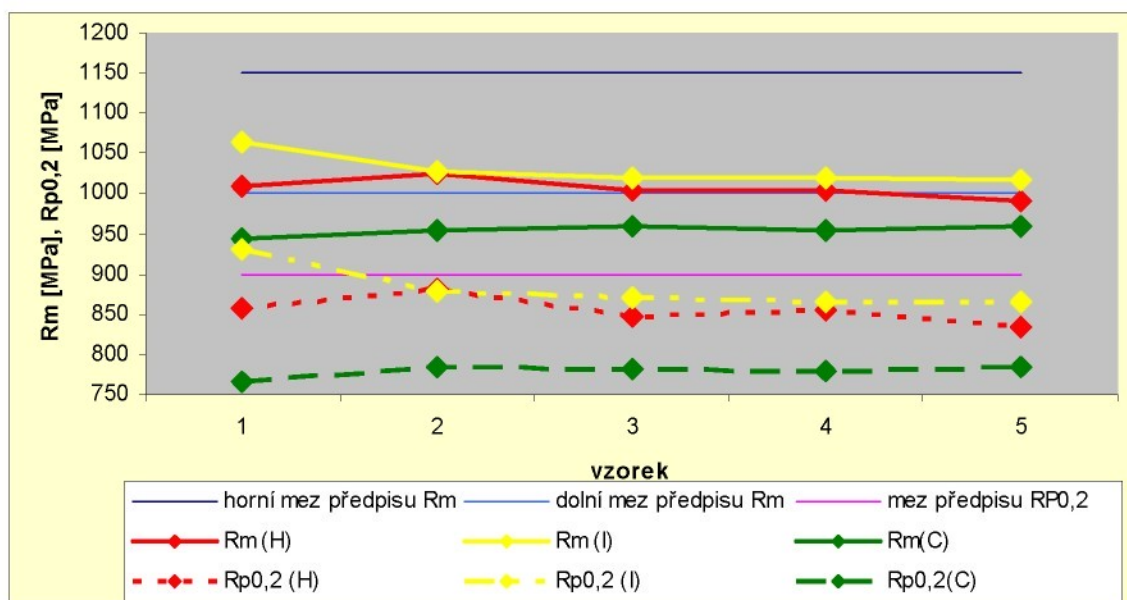
Na obr. č. 40. je při 100násobném zvětšení patrna výrazná řádkovitost.

3.8.1.6. SHRnutí



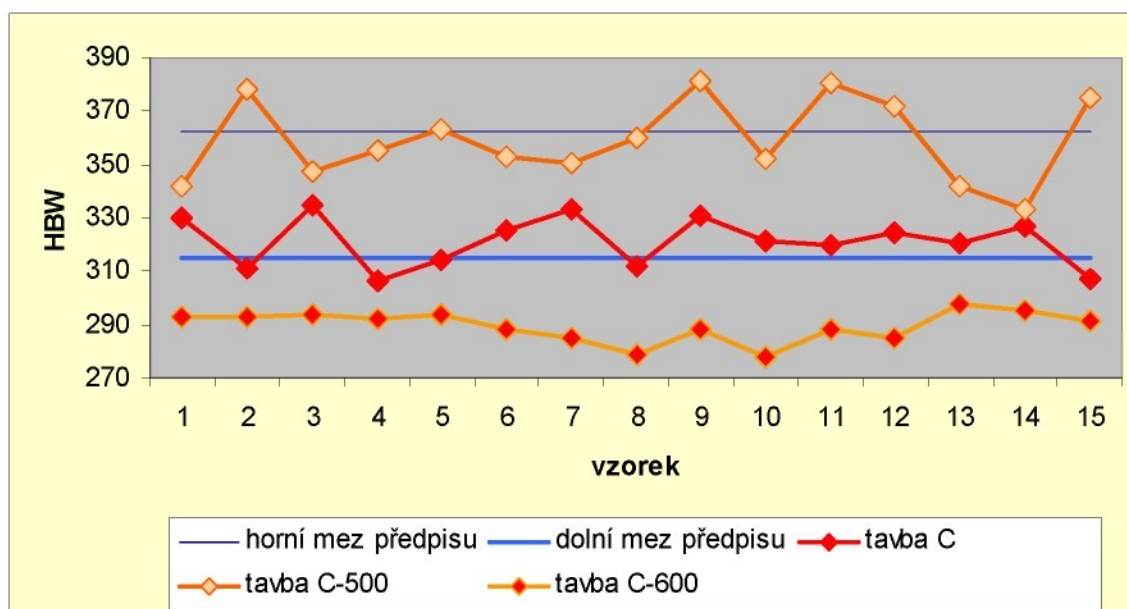
graf č. 11. porovnání tvrdosti jednotlivých taveb

Na tomto grafu je vidět, že u tavby H a I se hodnoty pohybují v mezi dané předpisem. Hodnoty tavby C se pohybují okolo spodní hranice dané předpisem.



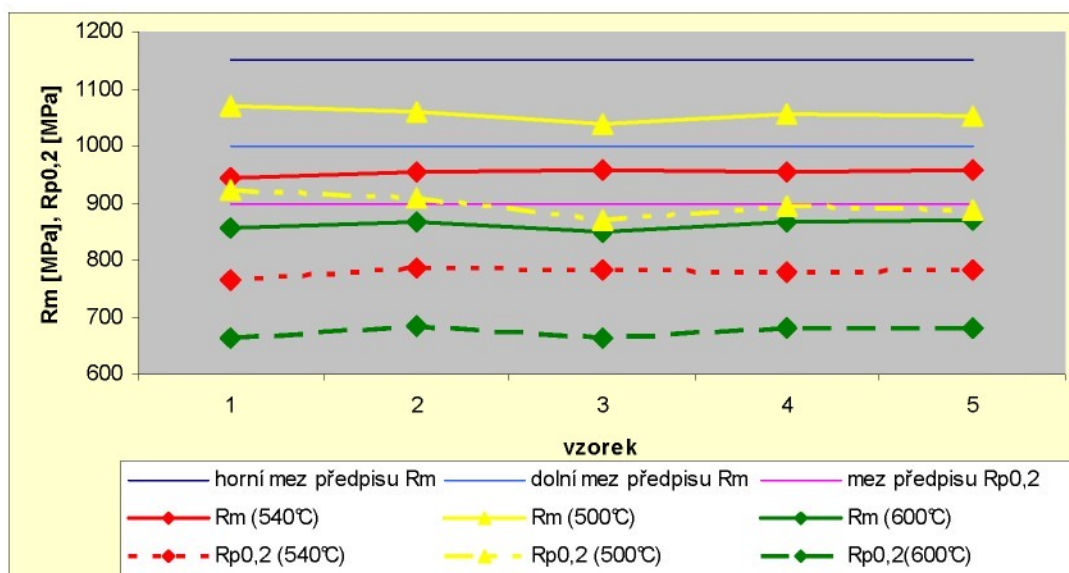
graf č. 12. porovnání pevnosti jednotlivých taveb

Z grafu pevnosti je patrné, že pevnost v kluzu nedosahuje meze dané předpisem pro žádnou z taveb. Pevnost v tahu u tavby H a I dosahuje předepsané meze dané předpisem. U tavby C se pevnost Rm pohybuje pod spodní hranicí předpisu.



graf č. 13. porovnání tvrdosti jednotlivých popouštěcích teplot

Na tomto grafu je vidět, že popouštěcí teplotou 600°C nedosáhneme požadovaných tvrdostí. Popouštěcí teplotou 540°C dosáhneme spodní hranice mezních hodnot tvrdosti. Teplotou 500°C dosáhneme horní hranice předpisu tvrdosti.



graf č. 14. porovnání pevnosti jednotlivých popouštěcích teplot

Na grafu je vidět, že pevnost v tahu je v tolerančních mezích předpisu jen při popouštěcí teplotě 500°C. Hodnoty pevnosti v kluzu se pohybují okolo hranice předpisu. Hodnoty pevnosti v tahu i v kluzu, pro ostatní teploty (540°C a 600°C), jsou pod spodní hranicí předpisu.

3.8.2. S CIRKULACE

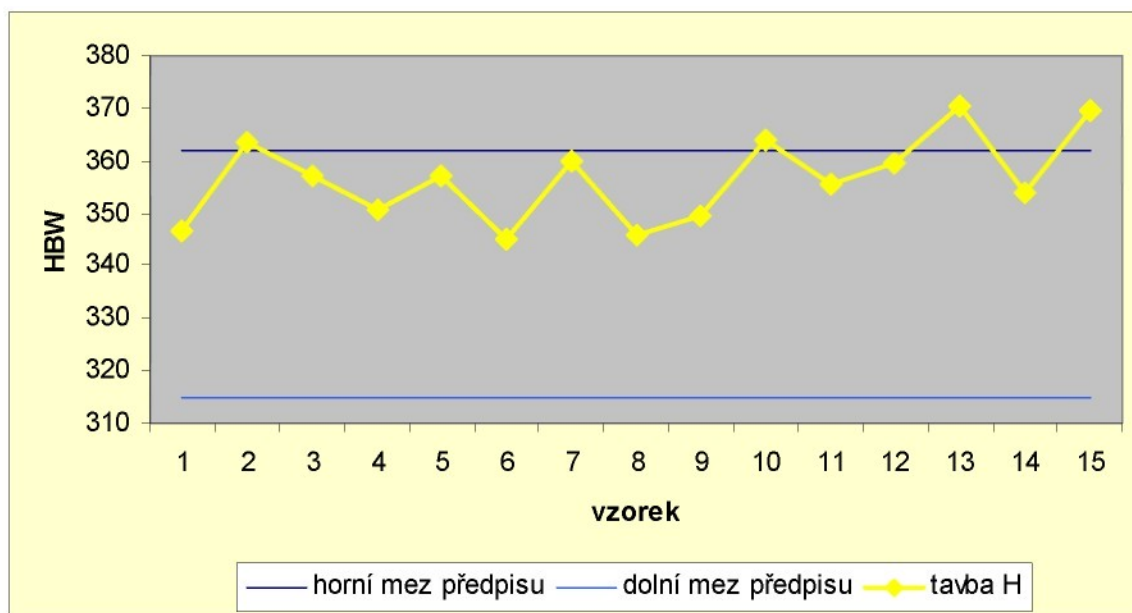
3.8.2.1 tavba H

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tvrdost

Tab. 18. tvrdost

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	345	348	346
2	362	365	363
3	358	356	357
4	352	349	350
5	357	357	357
6	348	342	345
7	355	365	360
8	348	344	346
9	345	354	349
10	365	363	364
11	354	357	355
12	360	359	359
13	372	369	370
14	354	354	354
15	370	369	369



graf č. 15. tvrdost

Hodnoty tvrdosti se pohybují okolo horní hranice předepsaných mezí.

Pevnost

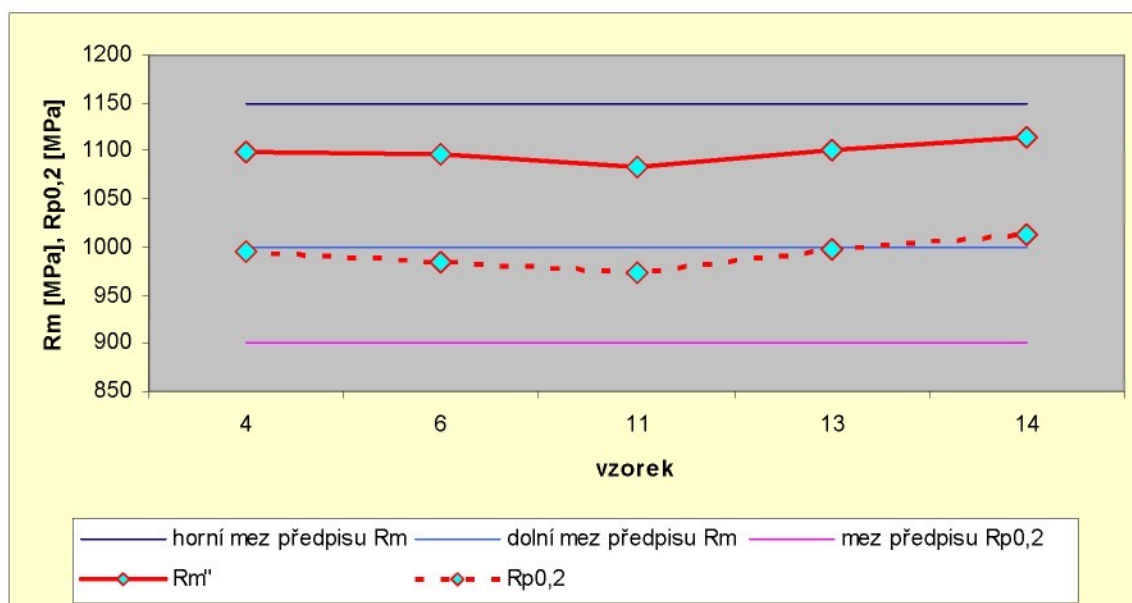
- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tab. 19. pevnost

Číslo vzorku	Rm [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	1099,3	1097,9	1098,60
6	1075,0	1116,5	1095,75
11	1080,8	1089,4	1083,6
13	1098,1	1105,9	1102,00
14	1095,0	1132,8	1113,90

Tab. 20. pevnost

Číslo vzorku	Rp0,2 [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	999,0	990,9	994,95
6	960,8	1008,8	984,80
11	970,6	975,2	972,90
13	989,1	1005,7	997,40
14	984,7	1039,5	1012,10



graf č. 16. pevnost

Hodnoty pevnosti jsou v předepsaných tolerančních mezích.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

obr. č. 42.

Vzorek H6

Zvětšení 100x

Leptáno 2%Nital

výkovek 42CrMoS4

kaleno 860°C

popouštěno 540°C



obr. č. 42.

obr. č. 43.

Vzorek H6

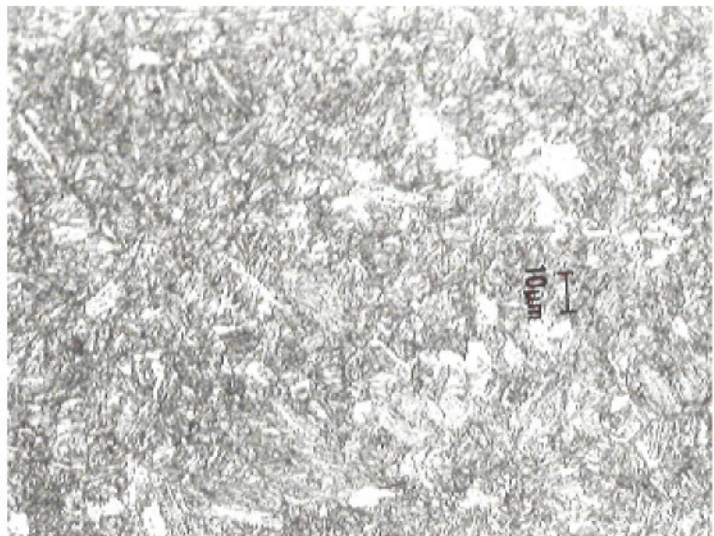
Zvětšení 500x

Leptáno 2%Nital

výkovek
42CrMoS4

kaleno 860°C

popouštěno 540°C



obr. č. 43.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

Na obr. č. 42. je při 100násobném zvětšení patrné, že struktura je rovnoměrná.

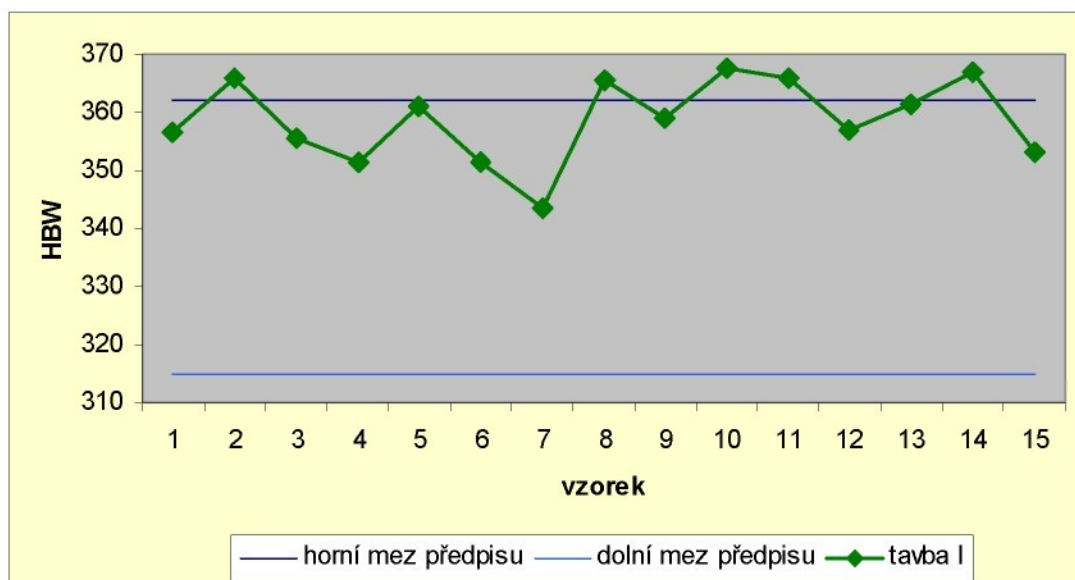
3.8.2.2. tavba I

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tvrдост

Tab. 21. tvrdost

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	358	355	356
2	369	363	366
3	359	355	355
4	359	347	351
5	360	362	361
6	351	352	351
7	342	345	343
8	369	362	365
9	359	359	359
10	369	366	367
11	366	366	366
12	357	357	357
13	363	360	361
14	369	365	367
15	354	352	353



graf č. 17. tvrdost

Hodnoty tvrdosti se pohybují okolo horní hranice předepsaných mezí

Pevnost

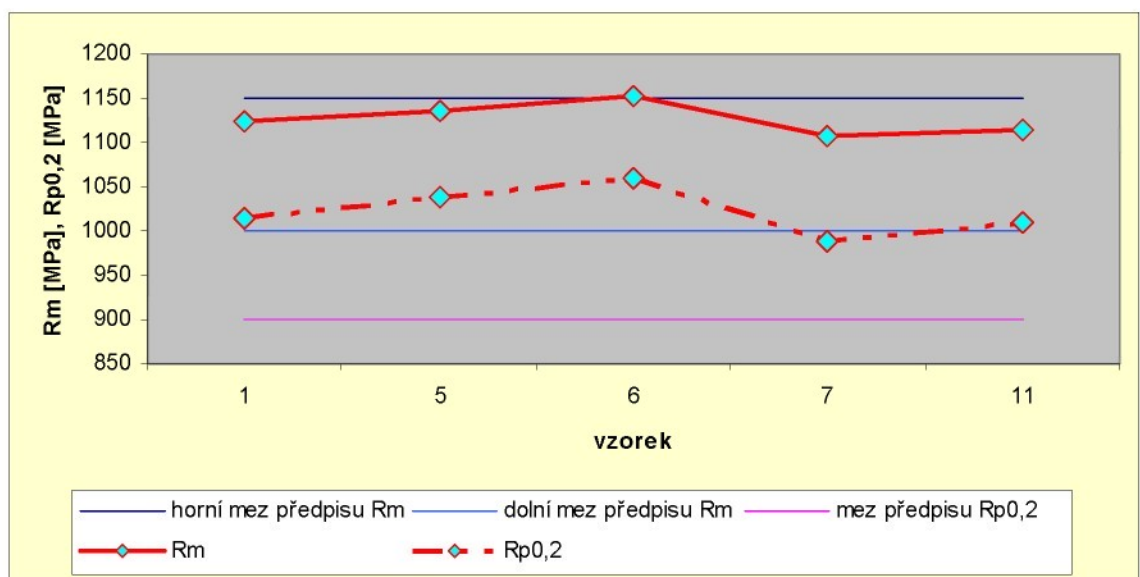
- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tab. 22. pevnost

Číslo vzorku	Rm [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
1	1114,2	1132,4	1123,30
5	1120,8	1150,4	1135,60
6	1155,2	1147,3	1151,25
7	1110,5	1101,9	1106,2
11	1116,6	1114,2	1115,4

Tab. 23. pevnost

Číslo vzorku	Rp0,2 [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
1	1003,8	1023,3	1013,55
5	1017,4	1056,6	1037,00
6	1064,0	1053,6	1058,80
7	992,4	985,6	989,00
11	1010,3	1007,2	1008,75



graf č. 18. pevnost

Hodnoty pevnosti se pohybují okolo horní hranice předepsané toleranční meze.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

obr. č. 44.

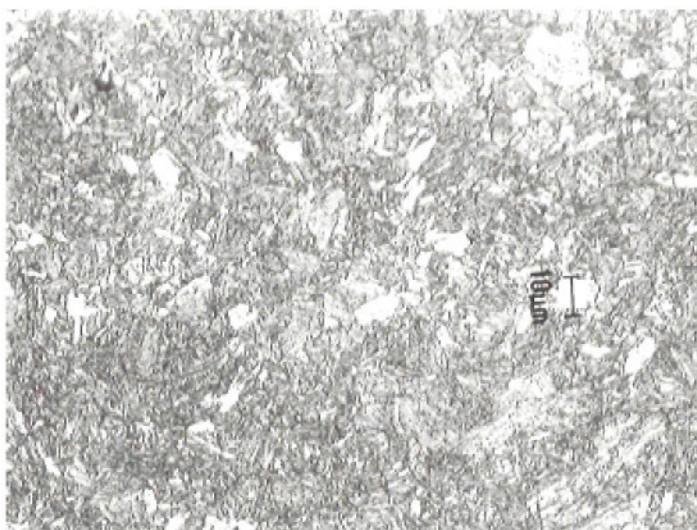
Vzorek I11
Zvětšení 100x
Leptáno 2%Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 44.

obr. č. 45.

Vzorek I11
Zvětšení 500x
Leptáno 2%Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 45.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

Na obr. č. 44. je při 100násobném zvětšení patrna jemná řádkovitost.

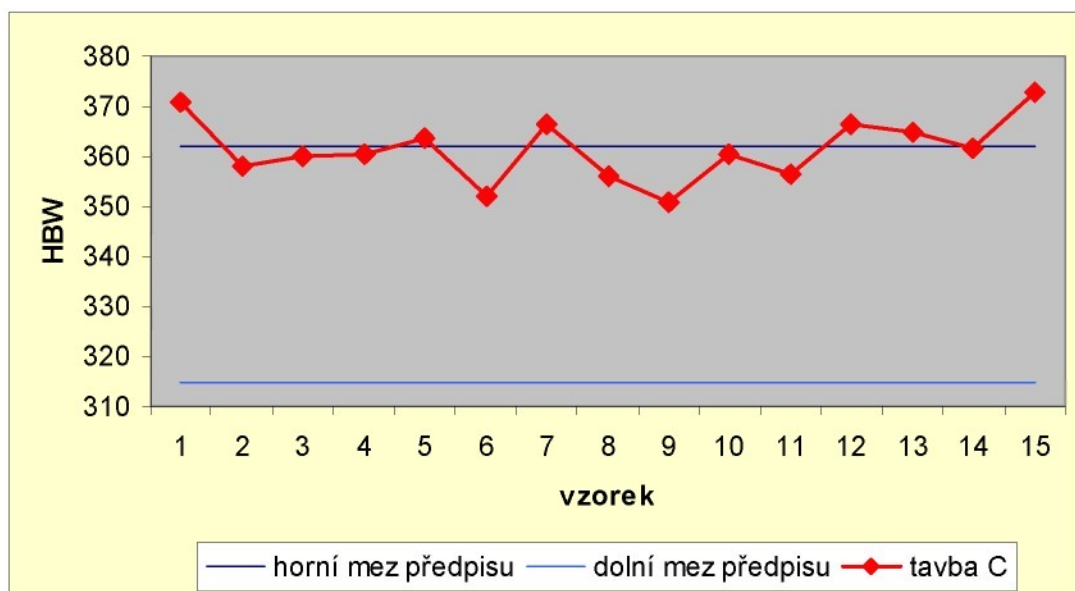
3.8.2.3. tavba C

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tvrdość

Tab. 24. tvrdość

Číslo vzorku	1. vtisk [HBW]	2. vtisk [HBW]	Průměr hodnot
1	369	373	371
2	358	358	358
3	360	360	360
4	361	360	360
5	363	364	363
6	352	352	352
7	366	367	366
8	355	357	356
9	351	351	351
10	361	360	360
11	357	356	356
12	367	366	366
13	361	369	365
14	363	360	361
15	373	373	373



graf č. 19. tvrdość

Hodnoty tvrdości se pohybují okolo horní hranice toleranční meze.

Pevnost

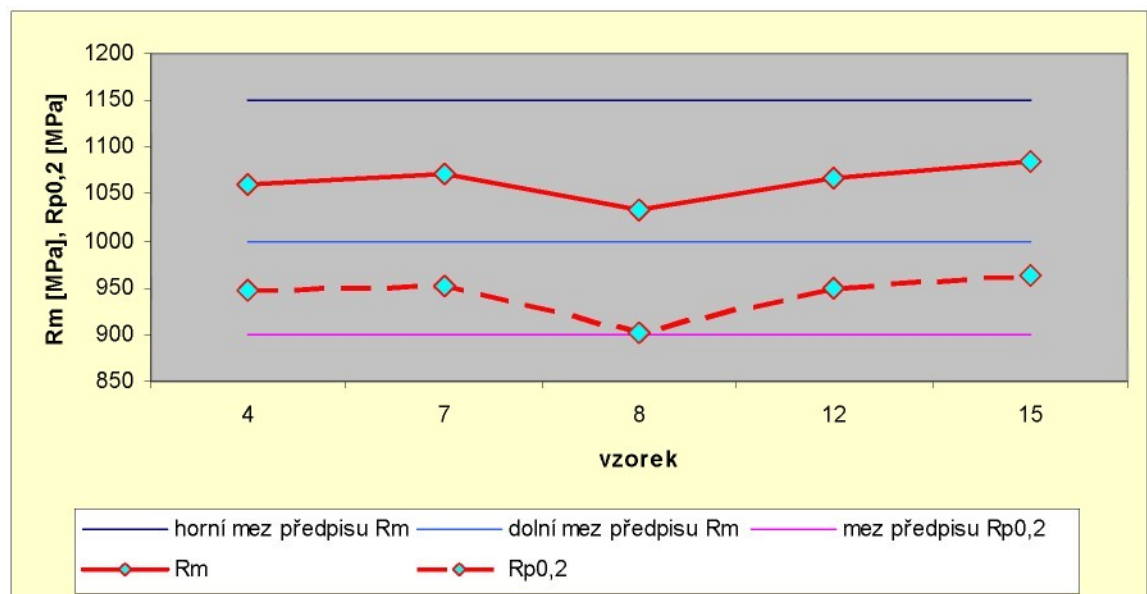
- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

Tab. 25. pevnost

Číslo vzorku	Rm [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	1039,5	1081,6	1060,55
7	1070,7	1069,9	1070,30
8	1042,1	1025,0	1033,55
12	1078,5	1053,7	1066,10
15	1111,5	1057,0	1084,25

Tab. 26. pevnost

Číslo vzorku	Rp0,2 [MPa]		Průměr hodnot
	1. vzorek	2. vzorek	
4	915,6	976,4	946,00
7	954,2	949,8	952,00
8	907,5	894,8	901,15
12	967,2	931,2	949,20
15	1001,0	926,2	963,60



graf č. 20. pevnost

Hodnoty pevnosti jsou v toleranční mezích.

Metalografie

- kaleno 860°C
- popuštěno 540°C

obr. č. 46.

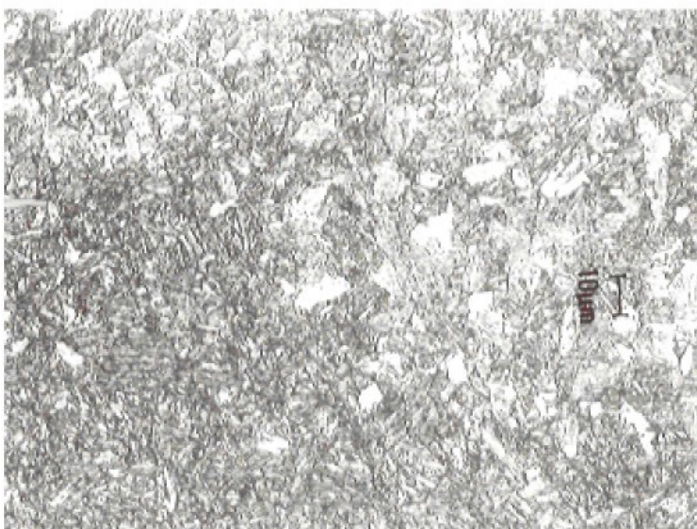
Vzorek C8
Zvětšení 100x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C



obr. č. 46.

obr. č. 47.

Vzorek C8
Zvětšení 500x
Leptáno 2% Nital
výkovek 42CrMoS4
kaleno 860°C
popouštěno 540°C

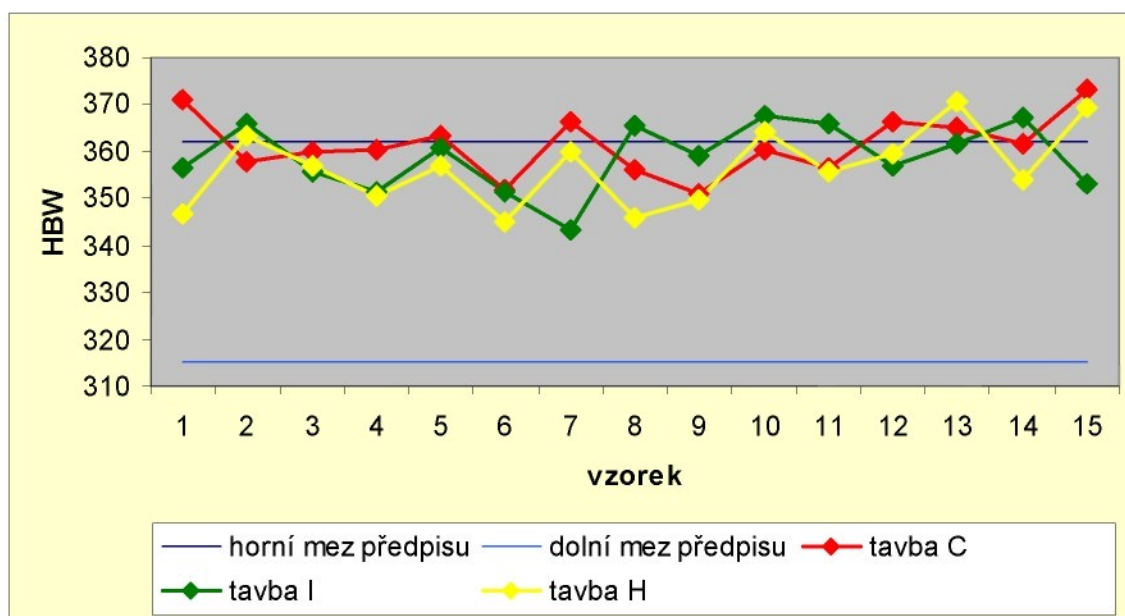


obr. č. 47.

Struktura : popuštěný martenzit a bainit

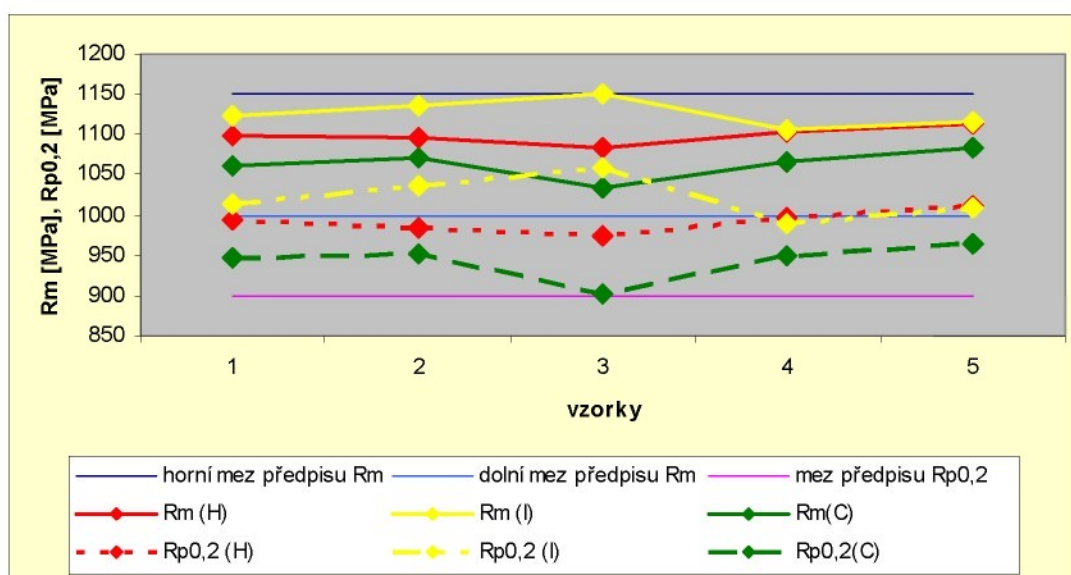
Na obr. č. 46. je při 100násobném zvětšení patrna jemná řádkovitost.

3.8.2.4. SHRnutí



graf č. 21. porovnání tvrdosti jednotlivých taveb

Z tohoto grafu je patrné, že všechny hodnoty tvrdosti tavby H, I a C se pohybují na horní hranici předpisu.

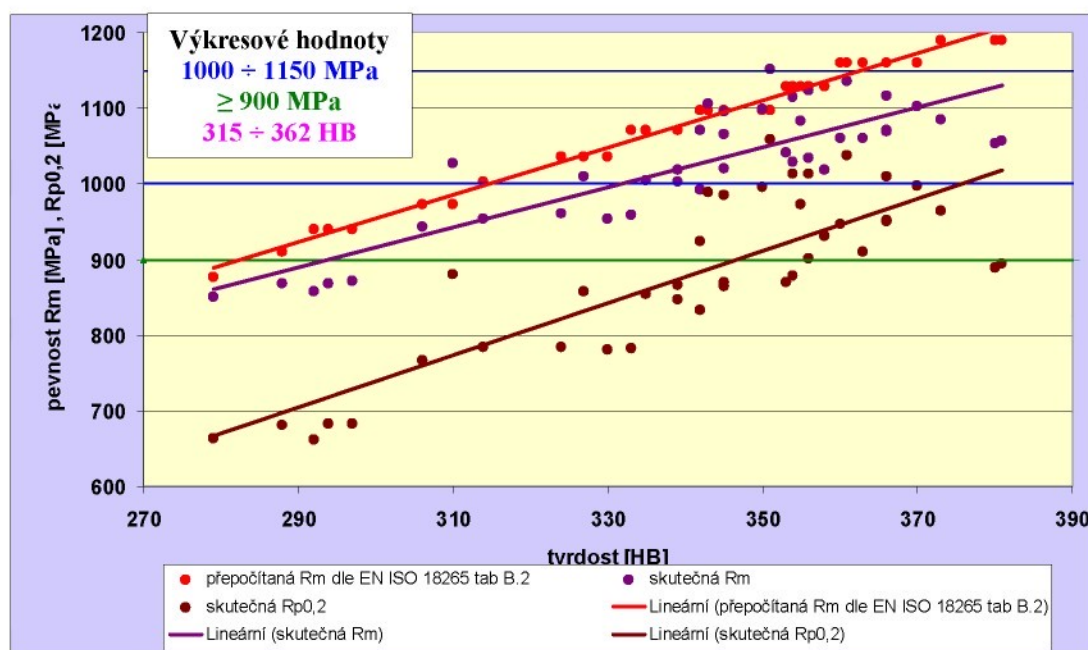


graf č. 22. porovnání pevností jednotlivých taveb

Hodnoty pevnosti v tahu se pohybují v předepsaném rozmezí hodnot daném předpisem. Hodnoty pevnosti v kluzu se pohybují nad předepsanou mezí danou předpisem.

3.9. ZÁVISLOST TVRDOSTI NA PEVNOSTI

Norma EN ISO 18265 příloha B, tabulka B.2 (viz. příloha č. 18.) je jen informativní. Výsledky z měření pevnosti a tvrdosti dosažené v této bakalářské práci jsou použity pro stanovení nového předpisu tvrdosti pro klikové hřídele. Z hodnot je vytvořen graf č.23 -závislost pevnosti na tvrdosti - a na jeho základě je určeno nové rozmezí tvrdosti. Je navrženo nové rozmezí hodnot tvrdosti na $350 \div 400$ HBW. Jelikož se jedná o statisticky malý počet vzorků, bude se i nadále pokračovat ve sledování pevností a tvrdostí a tento interval bude dále zpřesňován.



graf č. 23 pevnost - tvrdost

4. DISKUZE VÝSLEDKŮ

Hodnoty tvrdosti a pevnosti výkovku po tepelném zpracování bez cirkulace oleje v závislosti na tavbě a teplotě popouštění byly zpracovány do grafů 11., 12., 13. a 14. Z naměřených hodnot pro tavbu H je patrné, že tvrdost i pevnost se pohybují v rozmezí daném výkresovým předpisem. Hodnoty tvrdosti a pevnosti tavby I se pohybují v rozmezí daném výkresovým předpisem. Hodnoty tavby C pro tvrdost se pohybují v rozmezí, ale hodnoty pevnosti jsou již pod spodní mezí danou výkresem.

Z naměřených hodnot bylo zjištěno, že při popouštěcí teplotě 600°C se hodnoty tvrdosti i pevnosti pohybují pod spodní toleranční mezí danou předpisem, což je nepřipustné. U popouštěcí teploty 500°C se naměřené hodnoty tvrdosti pohybují okolo horní hranice předpisu a hodnoty pevnosti v mezích této tolerance dané předpisem. U popouštěcí teploty 540°C se hodnoty tvrdosti pohybují okolo spodní hranice předpisu a hodnoty pevnosti se pohybují pod spodní mezí danou předpisem. Při vyhodnocení snímků mikrostruktury se ukázalo, že struktura vzorků nevyhovuje pro jednotlivé tavby, ani pro žádný z uvedených teplotních režimů. Struktura u všech vzorků vykazuje velkou řádkovitost a ve struktuře se objevuje martenzit což je nepřipustné.

nevyhovující výsledky metalografie jsou způsobeny nevyhovujícím procesem tepelného zpracování, konkrétně nevyhovujícími podmínkami v ochlazovací lázni při kalení.

Byl proveden Quenchttest pro zjištění vlastností chladicího média. Tento test dokazuje, že chladicí médium má požadované vlastnosti. Problém tedy nastal v objemu chladicího média, Vana s chladicím médiem nemá dostatečné rozměry Ochlazovací médium se příliš zahřálo od klikových hřídelů a proto neproběhlo ochlazování dostatečnou rychlostí. Byla přidána cirkulace oleje do chladicí lázně, což zajistí rychlejší odvod tepla z kalící lázně a tím rychlejší ochlazení výkovku.

Hodnoty tvrdosti a pevnosti po tepelném zpracování s cirkulací oleje v závislosti na tavbě jsou zpracovány do grafů 21. a 22. Z naměřených

hodnot pro tavbu H je patrné, že hodnoty tvrdosti i pevnosti se pohybují v rozmezí daném výkresovým předpisem. Hodnoty tvrdosti a pevnosti tavby I se pohybují v rozmezí daném výkresovým předpisem. Hodnoty tvrdosti a pevnosti tavby C se pohybují v rozmezí daném výkresovým předpisem. Na snímcích mikrostruktury pro tavbu H je vidět jemná rovnoměrná feriticko-perlitická struktura. Na snímcích tavby I a C se objevuje jemná řádkovitost. Tyto hodnoty pevnosti a tvrdosti, společně s hodnocením struktury jsou vyhovující.

Z naměřených hodnot tvrdosti a pevnosti byl sestaven graf 23. Z grafu závislosti pevnosti na tvrdosti je patrné, že přepočítání dle normy EN ISO 18265 příloha B, tabulka B.2 nevyhovuje. Proto je navržen nový předpis hodnot tvrdosti.

5. ZÁVĚR

V bakalářské práci byl navržen a ověřen program experimentů pro určení optimálního režimu tepelného zpracování výkovku klikového hřídele z oceli 42CrMoS4.

Byly provedeny experimenty pro tři různé tavby H, I a C, a u tavby C při třech různých popouštěcích teplotách. Pro každou tavbu a při každé popouštěcí teplotě byl kontrolován soubor 15 vzorků. Byla na nich provedena měření tvrdosti, pevnosti a vyhodnocení mikrostruktury.

Grafickým porovnáním jednotlivých teplotních režimů bylo zjištěno, že optimální parametry procesu tepelného zpracování jsou při teplotě kalení 860°C a teplotě popouštění 540°C.

Z naměřených hodnot pevnosti a tvrdosti byl navržen nový interval pro kontrolu tvrdosti v provozu, $350 \div 400$ HB. Tento vztah je stanoven ze statisticky malého počtu vzorků. Navrhuji, aby se ve sledování a úpravě intervalu dále pokračovalo.

6. Použitá literatura

- [1] Hašek a kol.: Kování;
SNTL;Praha 1965
- [2] Beneš, V.: Nauka o materiálu;
ČVUT;Praha 1982;
- [3] Jech, J.:Tepelné zpracování ocelí;
SNTL;Praha 1969
- [4] Ptáček, L. A kol.:Nauka o materiálu;
CERM;Brno 2002
- [5] Brjuchanov, A. N., Rebelskij, A. V.: Zápustkové kování II;
SNTL;Praha 1956
- [6] Ušlechtilé konstrukční oceli POLDI k zušlechťování;
Kladno 1984
- [7] www.wikipedia.cz;
ze dne 27.3.2007
- [8] firemní literatura ŠKODA AUTO a.s.

7. Seznam příloh

- Příloha 1 – materiálový list
- Příloha 2 – norma EN ISO 18265 příloha B., tabulka B.2
- Příloha 3 – Kontrolní laboratorní protokol č.30
- Příloha 4 – pevnost - tavba H
- Příloha 5 - pevnost – tavba I
- Příloha 6 – pevnost – tavba C
- Příloha 7 – pevnost – Tavba C (500°C)
- Příloha 8 – pevnost – tavba C (600°C)
- Příloha 9 – pevnost – tavba H
- Příloha 10 – pevnost – tavba I
- Příloha 11 – pevnost – tavba C
- Příloha 12 – Atest tavby H
- Příloha 13 – chemické složení tavby H
- Příloha 14 – atest tavby I
- Příloha 15 – chemické složení tavby I
- Příloha 16 – atest tavby C
- Příloha 17 – chemické složení tavby C

PŘÍLOHY

Příloha 1
materiálový list

WNr.
(číslo materiálu)
1.7227

Cr-Mo-S ocel k zušlechťování

OCEL
Kurzname (značka)
42CrMoS4

Chemické složení [hm. %]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38–0,45	max 0,40	0,60–0,90	max 0,035	0,020–0,040	0,90–1,20	0,15–0,30

Normy DIN

DIN EN 10083/1-98 – oceli k zušlechťování

DIN 1652/4-90 – oceli k zušlechťování

Mechanické vlastnosti

Rozměr t, d [mm]	d ≤ 16; t ≤ 8	d = 17–40; t = 9–20	d = 41–100; t = 21–60
Stav	zušlechťený		
Mez kluzu R _{eH} nebo R _p 0,2 [MPa] min	900	750	650
Mez pevnosti R _m [MPa]	1 100–1 300	1 000–1 200	900–1 100
Tažnost A [%] min	10	11	12
Kontrakce Z [%] min	40	45	50
Nárazová práce KV [J] min	30	35	35
Tvrdost HB	–	–	–
Rozměr t, d [mm]	d = 101–160; t = 61–100	d = 161–250; t = 101–160	–
Stav	zušlechťený		žháný na měkko
Mez kluzu R _{eH} nebo R _p 0,2 [MPa] min	550	500	–
Mez pevnosti R _m [MPa]	800–950	750–900	–
Tažnost A [%] min	13	14	–
Kontrakce Z [%] min	50	55	–
Nárazová práce KV [J] min	35	35	–
Tvrdost HB max	–	–	241

Fyzikální vlastnosti

Hustota ρ [kg · m⁻³] 7 850

Technologické údaje

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

normalizační žhání

kalení¹⁾

popouštění

prokalitelnost Jominy 1,5 mm

840–880 °C

820–860 °C

540–680 °C

53–61 HRC

ochlazovat na vzduchu

min 30 minut na teplotě, ochlazovat v oleji nebo ve vodě

min 60 minut na teplotě

(u oceli se zúženým pásem rozptylu 53–58 HRC, resp. 56–61 HRC)

TVAŘITELNOST

teploty tváření 1 050–850 °C

OBROBITELNOST

ocel se zlepšenou obrobitelností

Příloha 1

Použití					
Součásti s vysokou houževnatostí v automobilovém a leteckém průmyslu, jako klikové hřídele, pastorkové hřídele, ozubená kola, vyráběná seriově třískovým obráběním.					
Ostatní vlastnosti					
Způsob výroby: volí výrobce					
Desoxidace: uklidněná					
Porovnání se zahraničními materiály					
<i>ISO</i>		<i>EURO</i>		<i>Česká republika</i>	
42CrMoS4	ISO 683/1	42CrMoS4	EN 10083/1-91	42CrMoS4	ČSN EN 10083/1-91
<i>Francie</i>		<i>Velká Británie</i>		<i>Rusko</i>	
42CD4 u	NF A35-553-87	42CrMoS4	BS EN 10083/1-91	—	—
42CD4 u	NF A35-552-86				
42CrMoS4	NF EN 10083/1-91				
<i>USA</i>		<i>Japonsko</i>		<i>Kanada</i>	
—	—	—	—	—	—
<i>Itálie</i>		<i>Rakousko</i>		<i>Švédsko</i>	
42CrMoS4	UNI EN 10083/1-91	42CrMoS4	ÖNORM EN 10083/1-91	42CrMoS4	SS EN 10083/1-91
<i>Polsko</i>		<i>Maďarsko</i>		<i>Norsko</i>	
—	—	CrMo4 E	MSZ 61	42CrMoS4	NS EN 10083/1-91
<i>Finsko</i>		<i>Švýcarsko</i>		<i>Španělsko</i>	
42CrMoS4	SFS EN 10083/1-91	42CrMoS4	EN 10083/1-91	42CrMoS4	UNE EN 10083/1-91
<i>Belgie</i>		<i>Jugoslávie</i>		<i>Rumunsko</i>	
42CrMoS4	NBN EN 10083/1-91	Č.4782	JUS C.B9.021-89	42MoCr11 S 42CrMoS4	STAS 11500/2-89 STAS EN 10083/1-91
Poznámky					
1) teploty při spodní hranici přichází v úvahu pro kalení do vody, při horní hranici pro kalení do oleje					

Příloha 2

**Norma EN ISO 18265
příloha B, tabulka B.2**

Příloha 2

ČSN EN ISO 18265

Tabulka B.2 – Vzájemný převod hodnot tvrdosti a tvrdostí na hodnoty meze pevnosti v tahu ocelí určených k zušlechťování v zušlechtěném stavu

HV	HBW	HRC	HRA	HR 45N	HR 30N	HR 15N	HRB	HRF	HR 45T	HR 30T	HR 15T	R_m
210	205	(15,3)	57,2	(13,4)	(36,1)	65,2	94,8	(110,4)	65,4	76,8	89,2	651
220	215	(17,4)	58,4	(15,9)	(38,1)	(66,5)	96,7	(111,4)	67,6	78,5	90,0	683
230	225	(19,3)	59,6	(18,2)	(40,4)	(67,8)	98,4	(112,4)	69,6	80,0	90,8	716
240	235	21,2	60,6	20,4	(41,8)	(68,9)	100,0	(113,3)	71,4	81,4	91,4	748
250	245	22,9	61,6	22,5	43,4	70,0	(101,4)	(114,1)	(73,0)	82,5	92,0	781
260	255	24,6	62,5	24,4	45,0	71,0	(102,7)	(114,9)	(74,4)	83,6	92,5	813
270	266	26,2	63,4	26,3	46,5	72,0	(103,9)	(115,6)	(75,7)	84,5	93,0	845
280	276	27,7	64,3	28,1	47,9	72,9	(105,0)	(116,2)	(76,9)	85,4	93,4	877
290	286	29,1	65,0	29,8	49,3	73,7	(106,0)	(116,8)	(77,9)	86,1	93,7	909
300	296	30,5	65,8	31,4	50,5	74,5	(106,9)	(117,3)	(78,9)	86,8	94,0	940
310	306	31,8	66,5	32,9	51,8	75,3	(107,7)	(117,8)	(79,7)	87,4	(94,3)	972
320	316	33,1	67,2	34,4	52,9	76,0	(108,5)	(118,3)	(80,5)	88,0	(94,6)	1 003
330	326	34,3	67,8	35,8	54,0	76,7	(109,2)	(118,8)	(81,2)	88,4	(94,8)	1 035
340	336	35,4	68,5	37,2	55,1	77,3	(109,9)	(119,2)	(81,9)	88,9	(95,0)	1 070
350	345	36,5	69,1	38,4	56,1	78,0	(110,5)	(119,6)	(82,5)	89,3	(95,2)	1 097
360	355	37,6	69,6	39,7	57,1	78,6	(111,1)	(119,9)	(83,0)	89,6	(95,4)	1 128
370	365	38,6	70,2	40,9	58,0	79,1	(111,7)	(120,3)	(83,5)	89,9	(95,5)	1 159
380	375	39,6	70,7	42,0	58,9	79,7	(112,2)	(120,6)	(84,0)	90,2	(95,6)	1 189
390	385	40,6	71,2	43,2	59,8	80,2	(112,7)	(120,9)	(84,4)	90,5	(95,7)	1 220
400	395	41,5	71,7	44,2	60,6	80,7	(113,1)	(121,2)	(84,8)	90,7	(95,8)	1 250
410	405	42,4	72,2	45,3	61,4	81,2	(113,6)	(121,5)	(85,1)	90,9	(95,9)	1 281
420	414	43,2	72,6	46,3	62,2	81,6						1 311
430	424	44,1	73,0	47,2	63,0	82,1						1 341
440	434	44,9	73,5	48,2	63,7	82,5						1 371
450	444	45,7	73,9	49,1	64,4	82,9						1 401
460	453	46,4	74,3	50,0	65,1	83,3						1 430
470	463	47,2	74,6	50,8	65,8	83,7						1 460
480	473	47,9	75,0	51,7	66,4	84,1						
490	482	48,6	75,4	52,5	67,0	84,4						
500	492	49,2	75,7	53,2	67,6	84,8						
510	501	49,9	76,0	54,0	68,2	85,1						
520	511	50,5	76,4	54,8	68,8	85,4						
530	520	51,2	76,7	55,5	69,3	85,8						
540	530	51,8	77,0	56,2	69,9	86,1						
550	539	52,4	77,3	56,8	70,4	86,4						
560	549	52,9	77,6	57,5	70,9	86,6						
570	558	53,5	77,9	58,2	71,4	86,9						
580	568	54,0	78,2	58,8	71,9	87,2						
590	577	54,6	78,4	59,4	72,4	87,5						
600	586	55,1	78,7	60,0	72,8	87,7						
610	596	55,6	78,9	60,6	73,3	88,0						
620	605	56,1	79,2	61,2	73,7	88,2						
630	614	56,6	79,4	61,7	74,2	88,5						
640	623	57,1	79,7	62,3	74,6	88,7						
650	632	57,5	79,9	62,8	75,0	88,9						

POZNÁMKA Hodnoty v závorkách leží mimo definované pásmo standardní zkušební metody, ale mohou být využity k odhadům.

Příloha 3

Kontrolní laboratorní postup č.30

**Kontrolní laboratorní postup č. 30****Název Materiálové hodnocení výkovků – Klikové hřídele****1. Hodnocené díly :**

pořadové číslo	název dílu	číslo dílu	materiál	
1	Klikový hřídel	R 038 105 101 AA	TL 1438	
2	Klikový hřídel	R 038 105 101 AB	42CrMoS4	

2. Předepsané hodnoty : dle „Příloha 1 – Materiálové předpisy“**3. Prováděné zkoušky a místa odběru vzorků :** dle „Příloha 2 – Odběry vzorků a prováděné zkoušky“**4. Zkušební zařízení pro měření :**

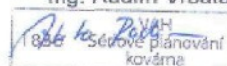
druh zkoušky	zkušební zařízení	typ	hodnocená veličina	provádí
chemické složení	kvantometry analýzátor C+S	LECO GDS 750 (A) Quantron Magellan LECO CS 244	obsah prvku v %	technický pracovník laboratoře
tvrdost	tvrdoměr Brinell	Wollpert Dia 3b KPE 3000	HBW	
pevnost v tahu	trhací stroj	INSTRON 5585H	R _m (MPa) R _{p0.2} (MPa)	
hodnocení mikrostruktury	metalografický mikroskop	Olympus PMG 3	struktura	

5. Organizační zajištění :

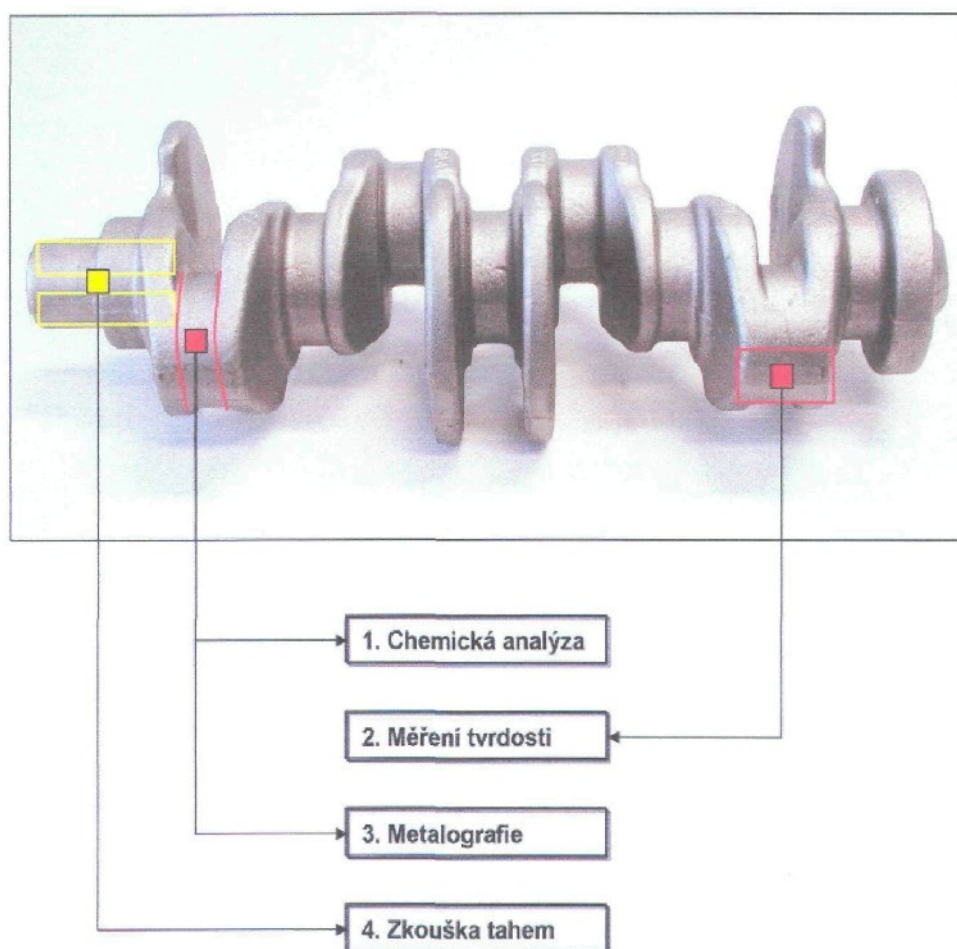
zadavatel zkoušek	VAH-2 (koordinátor provozu 1511)
četnost odběru	1 vzorek na začátku každé nové tavby
počet výkovků k hodnocení	1
identifikace výkovků	vyplněnou závěskou (č.dílu, tavba, datum) + atest výrobce oceli
výroba zkušebních vzorků	laboratoř VAH → výroba nářadí V17
předání do laboratoře	určený pracovník kovárny (pochůzková kontrola)
hodnocení provádí	technický pracovník laboratoře
průběžné vyhodnocení tavby	chemická analýza, tvrdost, metalografie – primární uvolnění
konečné vyhodnocení tavby	tahová zkouška – konečné uvolnění
uložení a archivace výsledků	Protokol o zkoušce; PC; CD – 1x ročně
doba archivace	3 roky
předání výsledků	formou Protokolu o zkoušce, e-mailem (koordinátor provozu 1511 a 1513)

Vypracoval : Venera
Dne : 22.6. 2006

Schválil : Ing. David Hanzlík – met. laboratoř VAH/3
Ing. Radim Vrbata – technologie H2 VAH/3



Odběry vzorků



Vypracoval : Venera *Venera*
Dne : 22.6.2006

Schválil : Ing. David Hanzlík – Met. laboratoř VAH/3

Ing. Radim Vrbata – technologie H2, VAH/34

Radim Vrbata
 VAH
 1850 Sériové plánování
 kovů

V. D. Hanzlík
 1850 Sériové plánování
 metalurgické laboratoř

Prováděné zkoušky

1. Chemická analýza

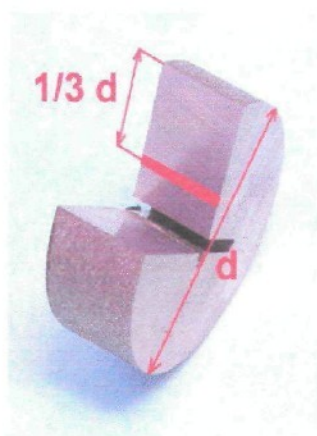
- provádí se spektrálně
- analýza N se neprovádí, do protokolu se uvádí hodnota z atestu dodavatele materiálu

2. Měření tvrdosti

- dle EN ISO 6506-1
- metoda HBW 5/750
- informativní převod na pevnost v tahu dle EN ISO 18265 (Příloha B, Tabulka B.2)

3. Metalografie

- hodnotí se mikrostruktura v leptaném stavu
- velikost zrna dle ASTM E-112
- hodnocené místo : 1. ojnicí ložisko (viz nákres)



Vypracoval : Venera

Dne : 22.6.2006

Schválil : Ing. David Hanzlík – Met. laboratoř VAH/3

Ing. Radim Vrbata – technologie H2, VAH/34

1850 Sémové plánování
kovárna

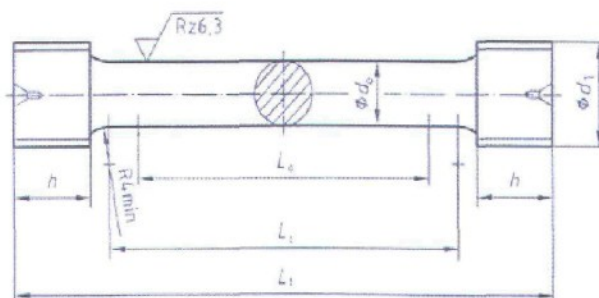
1850 Sémové plánování
metalurgická laboratoř

Příloha 2 – Odběry vzorků a prováděné zkoušky

Prováděné zkoušky

4. Zkouška tahem

- dle EN 10002-1
- stanovuje se : Pevnost v tahu (R_m)
Smluvní mez kluzu ($R_{p0,2}$)
- počet vzorků z výkovku : 2
- tvár a rozměry zkušební tyče dle DIN 50125, Form B



d_0	L_0	d_1	h min.	L_c min.	L_t min.
6	30	M 10	8	36	60
$\pm 0,06$					
Rozměry jsou uvedeny v mm					

Vypracoval : Venera
Dne : 22.6.2006

Schválil : Ing. David Hanzlík – Met. laboratoř VAH/3

Ing. Radim Vrbata – technologie H2, VAH/34

1850
Sénové plánování
kovárna

1850
Sénové plánování
metalogická laboratoř

Příloha 4

Pevnost – tavba H (540°C)



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej. popuštěno 540°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Třinecké železářny
Číslo tavby	53453 - H
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videoextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	24,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d.....průměr vzorku

Lo.....počáteční měřená délka

Rm.....pevnost v tahu

Rp0,2.....smluvní mez kluzu

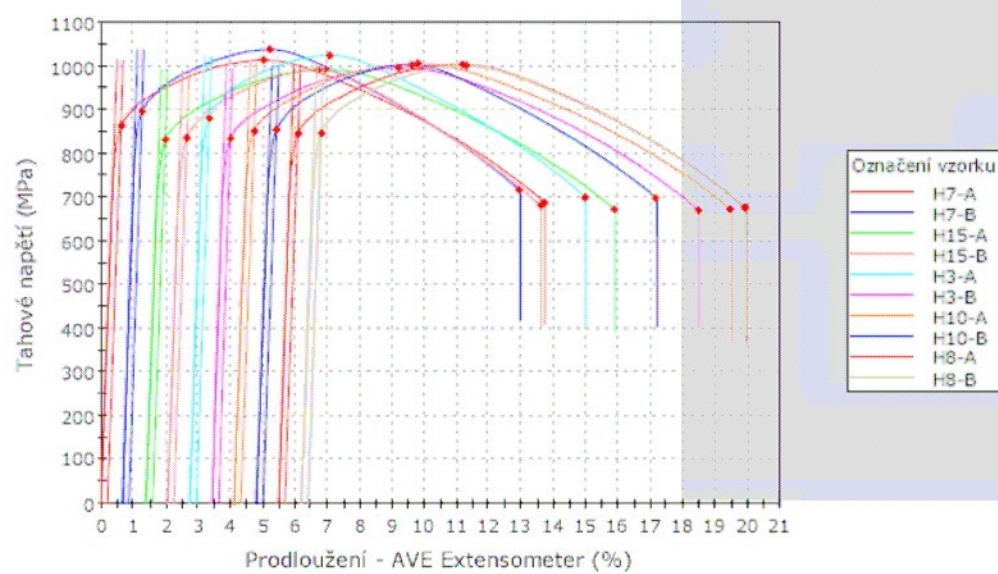
A.....tažnost

Z.....kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	H7-A	6,00	30	1013,9	863,9	13,6	58,0	
2	H7-B	6,00	30	1038,0	896,0	12,1	56,4	
3	H15-A	6,03	30	991,8	831,7	14,3	59,0	
4	H15-B	6,01	30	990,7	835,3	11,4	57,8	
5	H3-A	5,99	30	1025,1	881,1	12,1	57,9	
6	H3-B	5,99	30	995,1	834,7	14,9	58,2	
7	H10-A	6,02	30	1005,7	852,2	15,2	59,5	
8	H10-B	6,02	30	1002,9	854,6	12,2	57,4	
9	H8-A	5,99	30	1003,9	846,3	14,3	58,4	
10	H8-B	5,99	30	1001,5	847,0	13,6	58,3	
Střední		6,00	30	1006,9	854,3	13,4	58,1	
Minimální		5,99	30	990,7	831,7	11,4	56,4	
Maximální		6,03	30	1038,0	896,0	15,2	59,5	
Std. odchylka		0,0	0,2	15,0	20,9	1,3	0,8	
Rozsah		0,04	0	47,3	64,3	3,8	3,1	
Medián		6,00	30	1003,4	849,6	13,6	58,1	



Vzorek 1 až 10



Příloha 5

Pevnost – tavba I (540°C)



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3

Příloha 5



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej. popuštěno 540°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Křikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Trinecké železářny
Číslo tavby	19309 - I
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videoextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	24,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d..... průměr vzorku

Lo..... počáteční měřená délka

Rm..... pevnost v tahu

Rp0,2..... smluvní mez kluzu

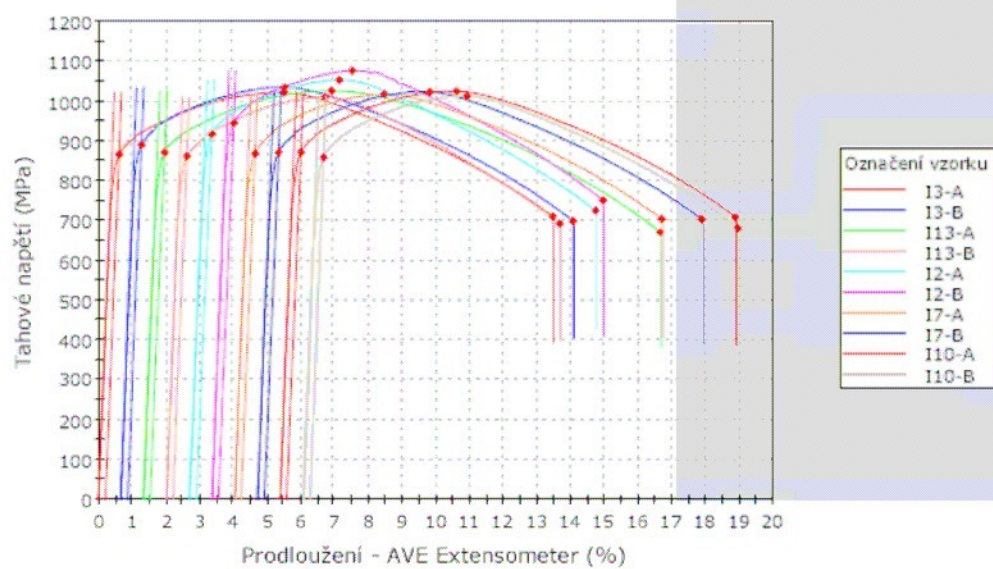
A..... tažnost

Z..... kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	I3-A	6,02	30	1021,1	865,5	13,3	56,5	
2	I3-B	6,02	30	1034,6	889,3	13,3	57,2	
3	I13-A	5,97	30	1025,3	870,7	15,2	59,6	
4	I13-B	6,02	30	1010,0	860,2	11,5	58,6	
5	I2-A	6,01	30	1053,3	916,3	11,9	58,1	
6	I2-B	5,99	30	1076,3	943,8	11,4	56,1	
7	I7-A	5,99	30	1017,9	868,6	12,5	57,8	
8	I7-B	6,00	30	1023,1	871,4	13,0	57,0	
9	I10-A	6,00	30	1024,4	870,8	13,3	57,4	
10	I10-B	5,99	30	1012,5	858,5	12,7	59,3	
Střední		6,00	30	1029,8	881,5	12,8	57,8	
Minimální		5,97	30	1010,0	858,5	11,4	56,1	
Maximální		6,02	30	1076,3	943,8	15,2	59,6	
Std. odchylka		0,0	0,2	20,4	27,7	1,1	1,2	
Rozsah		0,05	1	66,3	85,3	3,7	3,5	
Medián		6,00	30	1023,7	870,7	12,9	57,6	



Vzorek 1 až 10



Příloha 6

Pevnost – tavba C (540°C)



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3

Příloha 6



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej, popuštěno 540°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Trinecké železářny
Číslo tavby	50288 - C
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videocextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	24,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d.....průměr vzorku

Lo.....počáteční měřená délka

Rm.....pevnost v tahu

Rp0,2.....smluvní mez kluzu

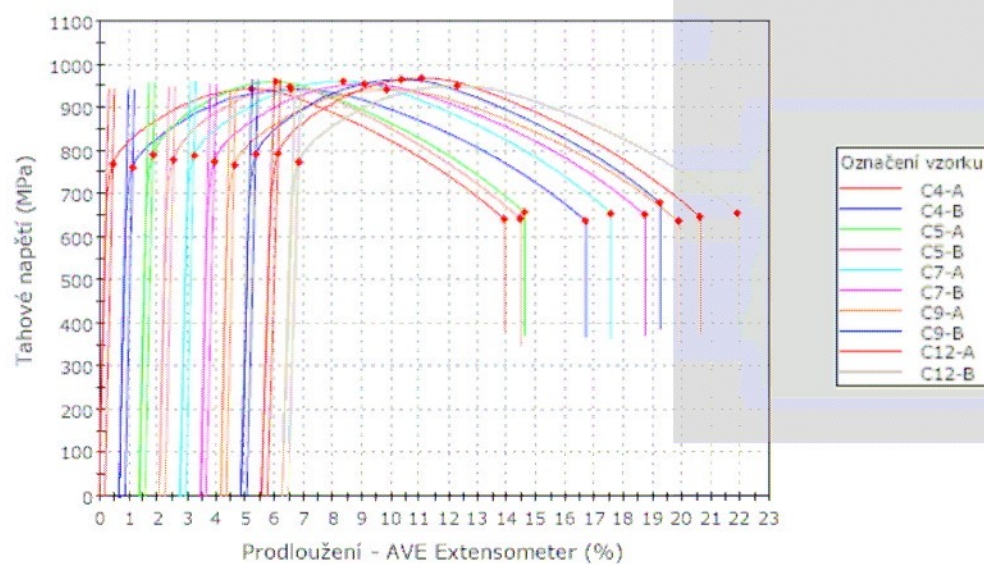
A.....tažnost

Z.....kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	C4-A	6,01	30	943,2	769,8	13,8	59,4	
2	C4-B	6,01	30	941,7	761,7	15,9	59,6	
3	C5-A	5,98	30	960,2	790,5	13,1	59,3	
4	C5-B	6,01	30	948,2	778,3	12,3	59,4	
5	C7-A	6,00	30	961,3	788,6	14,7	58,0	
6	C7-B	6,02	30	954,7	775,1	15,1	58,5	
7	C9-A	6,02	30	942,2	766,7	15,6	59,7	
8	C9-B	6,02	30	964,9	792,3	14,2	59,7	
9	C12-A	5,99	30	968,3	793,8	14,9	59,5	
10	C12-B	5,99	30	950,8	774,1	15,4	58,7	
Střední		6,00	30	953,5	779,1	14,5	59,2	
Minimální		5,98	30	941,7	761,7	12,3	58,0	
Maximální		6,02	30	968,3	793,8	15,9	59,7	
Std. odchylka		0,0	0,2	9,8	11,5	1,2	0,6	
Rozsah		0,04	1	26,6	32,2	3,6	1,8	
Medián		6,01	30	952,7	776,7	14,8	59,5	



Vzorek 1 až 10



Příloha 7

Pevnost – tavba C (500°C)



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3

Příloha 7



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej, popuštěno 500°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Trinecké železářny
Číslo tavby	50288 - C
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videocextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	24,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d.....průměr vzorku

Lo.....počáteční měřená délka

Rm.....pevnost v tahu

Rp0,2.....smluvní mez kluzu

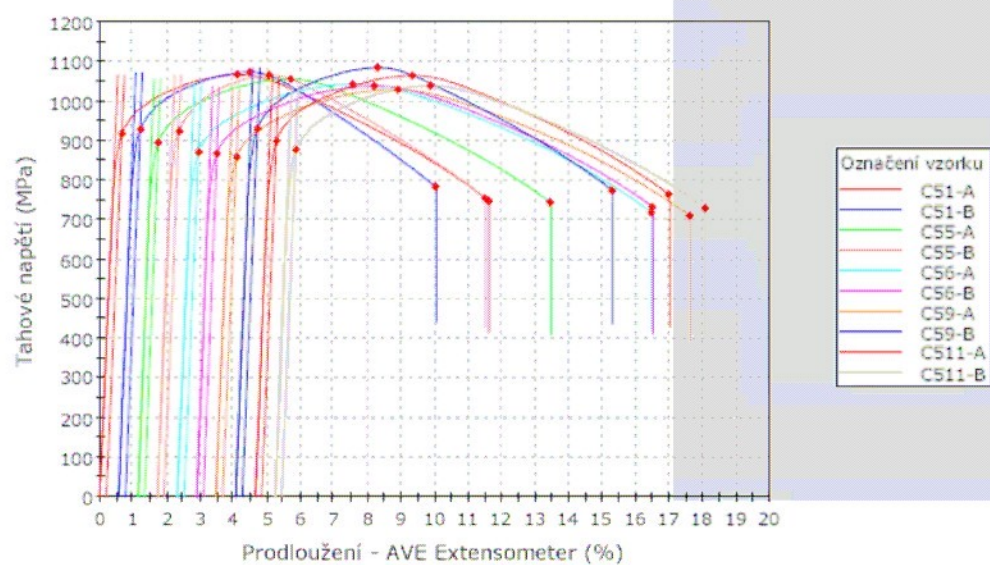
A.....tažnost

Z.....kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	C51-A	6,01	30	1066,9	917,4	11,4	54,8	
2	C51-B	6,01	30	1073,3	929,7	9,3	52,5	
3	C55-A	6,01	30	1055,1	894,7	12,1	54,1	
4	C55-B	6,00	30	1065,9	924,6	9,6	54,0	
5	C56-A	5,99	30	1041,7	871,5	14,0	54,3	
6	C56-B	6,00	30	1038,2	867,5	13,4	55,3	
7	C59-A	5,99	30	1028,7	858,1	14,0	57,0	
8	C59-B	5,98	30	1084,6	929,4	11,1	53,8	
9	C511-A	5,99	30	1064,8	899,1	12,2	54,1	
10	C511-B	5,99	30	1039,7	877,3	12,6	55,6	
Střední		6,00	30	1055,9	896,9	12,0	54,5	
Minimální		5,98	30	1028,7	858,1	9,3	52,5	
Maximální		6,01	30	1084,6	929,7	14,0	57,0	
Std. odchylka		0,0	0,2	18,1	27,3	1,7	1,2	
Rozsah		0,03	1	55,9	71,6	4,7	4,5	
Medián		6,00	30	1060,0	896,9	12,2	54,2	



Vzorek 1 až 10



Příloha 8

Pevnost – tavba C (600°C)

Příloha 8



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej, popuštěno 600°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Třinecké železářny
Číslo tavby	50288 - C
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videoextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	24,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d.....průměr vzorku

Lo.....počáteční měřená délka

Rm.....pevnost v tahu

Rp0,2.....smluvní mez kluzu

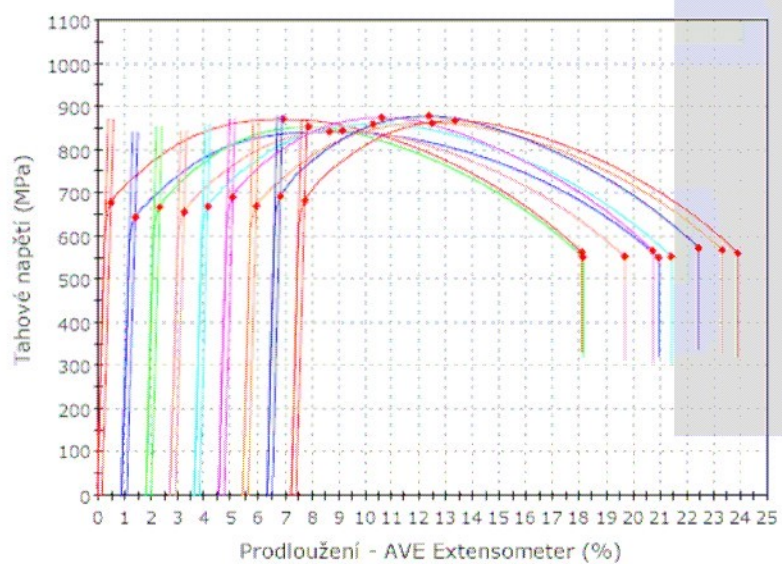
A.....tažnost

Z.....kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	C64-A	5,99	30	871,1	678,6	17,9	64,1	
2	C64-B	5,98	30	842,3	645,5	19,9	63,8	
3	C68-A	5,99	30	853,5	667,0	16,2	64,4	
4	C68-B	5,99	30	845,3	657,3	16,8	64,1	
5	C611-A	5,99	30	860,0	670,1	17,7	64,9	
6	C611-B	5,98	30	875,3	691,7	16,1	63,9	
7	C613-A	5,97	30	862,7	670,4	17,7	63,6	
8	C613-B	5,96	30	879,2	693,3	16,0	62,9	
9	C65-A	5,97	30	867,5	683,0	16,5	63,6	
Střední		5,98	30	861,9	673,0	17,2	63,9	
Minimální		5,96	30	842,3	645,5	16,0	62,9	
Maximální		5,99	30	879,2	693,3	19,9	64,9	
Std. odchylka		0,0	0,1	12,9	15,6	1,3	0,5	
Rozsah		0,03	0	36,9	47,7	3,9	2,0	
Medián		5,98	30	862,7	670,4	16,8	62,9	



Vzorek 1 až 9



Příloha 9

Pevnost – tavba H (540°C)



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3

Příloha 9



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej. popuštěno 540°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Trinecké železářny
Číslo tavby	53453 - H
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videoextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	23,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d..... průměr vzorku

Lo..... počáteční měřená délka

Rm..... pevnost v tahu

Rp0,2..... smluvní mez kluzu

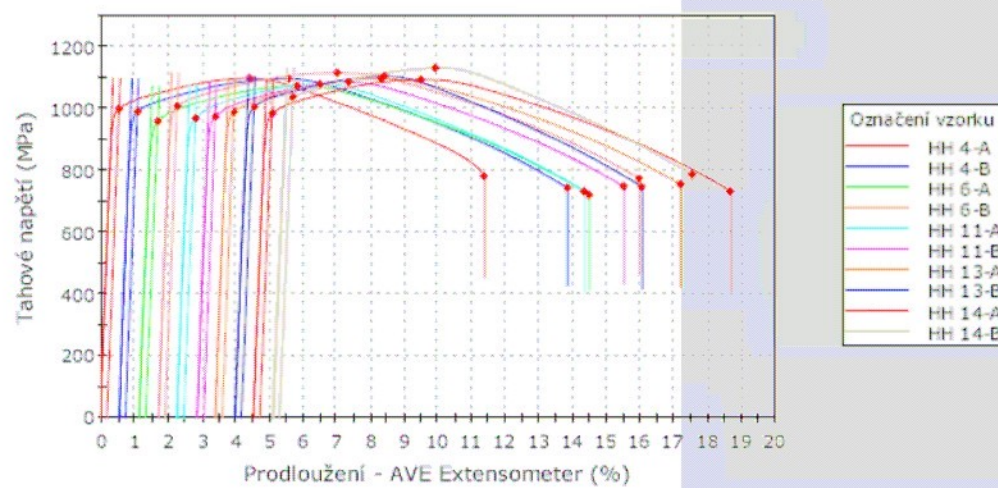
A..... tažnost

Z..... kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	HH 4-A	6,00	30	1099,3	999,0	11,3	48,2	
2	HH 4-B	6,00	30	1097,9	990,9	13,2	57,8	
3	HH 6-A	5,99	30	1075,0	960,8	13,2	60,0	
4	HH 6-B	5,99	30	1116,5	1008,8	14,1	56,7	
5	HH 11-A	5,99	30	1080,8	970,6	12,0	58,9	
6	HH 11-B	6,00	30	1086,4	975,2	12,5	58,4	
7	HH 13-A	5,98	30	1098,1	989,1	13,7	57,2	
8	HH 13-B	6,00	30	1105,9	1005,7	11,9	57,8	
9	HH 14-A	5,97	30	1095,0	984,7	14,0	58,3	
10	HH 14-B	6,00	30	1132,8	1039,5	12,3	56,4	
Střední		5,99	30	1098,8	992,4	12,8	57,0	
Minimální		5,97	30	1075,0	960,8	11,3	48,2	
Maximální		6,00	30	1132,8	1039,5	14,1	60,0	
Std. odchylka		0,0	0,1	16,9	22,5	1,0	3,3	
Rozsah		0,03	0	57,9	78,6	2,9	11,8	
Medián		6,00	30	1098,0	990,0	12,9	57,8	



Vzorek 1 až 10



Příloha 10

**Pevnost – tavba I
(540°C)**



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej. popuštěno 540°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Trinecké železářny
Číslo tavby	19309 - I
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videoextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	23,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d.....průměr vzorku

Lo.....počáteční měřená délka

Rm.....pevnost v tahu

Rp0,2.....smluvní mez kluzu

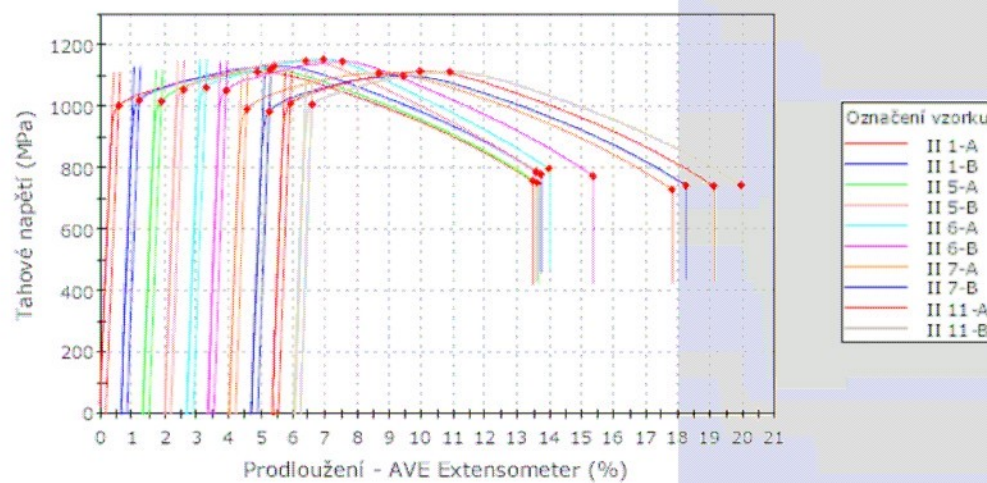
A.....tažnost

Z.....kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp 0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	II 1-A	6,00	30	1114,2	1003,8	13,3	57,8	
2	II 1-B	6,00	30	1132,4	1023,3	12,9	56,5	
3	II 5-A	5,99	30	1120,8	1017,4	12,2	58,5	
4	II 5-B	5,99	30	1150,4	1056,6	11,4	57,4	
5	II 6-A	5,99	30	1155,2	1064,0	11,1	56,4	
6	II 6-B	5,98	30	1147,3	1053,6	11,9	58,1	
7	II 7-A	5,98	30	1110,5	992,4	13,7	58,1	
8	II 7-B	6,00	30	1101,9	985,6	13,4	58,4	
9	II 11-A	6,00	30	1116,6	1010,3	13,6	59,0	
10	II 11-B	6,00	30	1114,2	1007,2	13,8	59,5	
Střední		5,99	30	1126,4	1021,4	12,7	58,0	
Minimální		5,98	30	1101,9	985,6	11,1	56,4	
Maximální		6,00	30	1155,2	1064,0	13,8	59,5	
Std. odchylka		0,0	0,1	18,7	27,6	1,0	1,0	
Rozsah		0,02	0	53,4	78,4	2,7	3,1	
Medián		5,99	30	1118,7	1013,9	13,1	58,1	



Vzorek 1 až 10



Příloha 11

Pevnost – tavba C (540°C)



ŠKODA AUTO a.s.
293 60 Mladá Boleslav
Metalurgická laboratoř, VAH/3

Příloha 11



Protokol o tahové zkoušce

Zkušební stroj	INSTRON 5585H
Zkouška tahem dle	EN 10002-1
Popis zkušební dávky	Kaleno 860°C/olej, popuštěno 540°C
Předmět zkoušky	R 038 105 101 AB Klikový hřídel
Materiál	42CrMoS4
Výrobce materiálu	Trinecké železářny
Číslo tavby	50288 - C
Zkušební rychlost 1	10,00 MPa/s
Zkušební rychlost 2	0,0040 /s
Snímač prodloužení	AVE Videoextensometer
Zkoušel	Venera
Teplota při zkoušce (°C)	25,0

Výsledky zkoušky :

Legenda :

d.....průměr vzorku

Lo.....počáteční měřená délka

Rm.....pevnost v tahu

Rp0,2.....smluvní mez kluzu

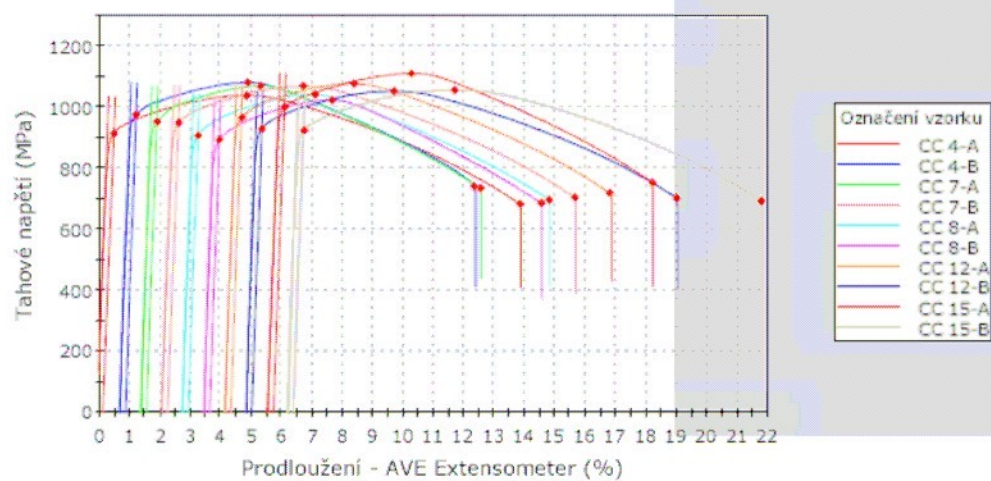
A.....tažnost

Z.....kontrakce

	Označení vzorku	d (mm)	Lo (mm)	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A (%)	Z (%)	Poznámka
1	CC 4-A	6,02	30	1039,5	915,6	13,8	60,7	
2	CC 4-B	6,00	30	1081,6	976,4	11,6	54,4	
3	CC 7-A	5,99	30	1070,7	954,2	11,1	57,6	
4	CC 7-B	6,01	30	1069,9	949,8	13,5	60,3	
5	CC 8-A	5,97	30	1042,1	907,5	12,0	59,3	
6	CC 8-B	6,00	30	1025,0	894,8	11,0	58,8	
7	CC 12-A	6,00	30	1078,5	967,2	12,5	59,5	
8	CC 12-B	6,00	30	1053,7	931,2	14,1	59,5	
9	CC 15-A	5,99	30	1111,5	1001,0	12,5	57,6	
10	CC 15-B	6,00	30	1057,0	926,2	15,5	60,3	
Střední		6,00	30	1063,0	942,4	12,7	58,8	
Minimální		5,97	30	1025,0	894,8	11,0	54,4	
Maximální		6,02	30	1111,5	1001,0	15,5	60,7	
Std. odchylka		0,0	0,2	24,9	33,3	1,4	1,9	
Rozsah		0,05	1	86,4	106,3	4,5	6,2	
Medián		6,00	30	1063,5	940,5	12,5	59,4	



Vzorek 1 až 10



Příloha 12

Atest – tavba H

Příloha 12

24/08 2006 09:38 FAX +420 326812405
23/08 2006 11:32 FAX +420 312 643038

SKODA AUTO - VLD
TZ A.S. ZAVOD Kladno

002
001/001

Page: 1 of 1

Number: 2006/08/003755-REI



SOCHOROVÁ VÁLCOVNA TZ, a.s. / Průmyslová 1000/ 739 70 Třinec - Staré Město / Czech republic

ŠKODA AUTO a.s.

Tř. Václava Klementa 869
293 60 Mladá Boleslav
Česká republika

Objednávka - Ihr Auftrag - Your order: Kontrakt/Zakázka-Werks Nr. - Our order:
55029039/3G 7000207383 / 000010

Avízo - Aviso - Advice note: Dopr. prostředek č. - Waggon No:

nebo/oder/ou EU-Lieferschein Nr-Delivery note-L.Ist: 3706007021 1T19297 1T05597

Abnahmeprüfzeugnis 3.1- Inspection certificate 3.1 - Inspekční certifikát 3.1, EN 10204:2004

Lieferung - Delivery - Popis materiálu	Gewicht - Weight - Hmotnost	Güte - Grade - Jakost	Norm - Standard - Norma
Tyče kruhové loupané 87,5 mm 6,000 m +200 -200	20.674 kg	42CrMoS4 přírodní	EN10083/1-91+A1-96.0 420134.79

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG - CHEMICAL ANALYSIS - CHEMICKÉ SLOŽENÍ (%)

Schmelze Heat Tavba	Gewicht Mass Hmotnost (kg)								
T53453 KKO-kontislitky	20674	C	MN	SI	P	S	CR	NI	CU
		0.41	0.79	0.27	0.025	0.029	1.04	0.04	0.10
		MO	AL	SN	V	TI	N	H	
		0.181	0.029	0.005	0.005	0.0017	0.0067	1.40	ppm

MECHANISCHE WERTE - MECHANICAL VALUES - MECHANICKÉ ZKOUŠKY

Schmelze Heat Tavba	Streckgrenze Yield point Mez kluzu Rp 0,2(MPa)	Zugfestigkeit Tensile strength Mez pevnosti Rm (MPa)	Bruchdehnung Elongation Tažnost A5 (%)	Bruchdehnung Contraction Zúžení Z (%)	Schlagarbeit Energy of impact Nárazová práce KV (J)/KCV(J/cm2)	Reinheitsgrad nach Microcleaness acc. Mikročistota dle DIN 50602	Brinellhärte Brinellhardness Tvrdość dle Brinella HB	Entkohlen Decarburization Oduhličení (mm)
T53453 inf.	1088	1185	15,2	56,3		K4-0,00	288-293 inf.	
Velikost austenického zrna dle ČSN 420462 - 8 Mikrostruktura - řádkovitost - ČSN420469 - 2/2B. Zkuš.vzorek D.10mm zušlechťen. 100% UZ kontrola dle SEP 1921/84 C/c. 100% kontrola povrchových vad. Vakuovaný materiál. 100% spektrotest.								
DODRŽENA RADIOIZOTOPICKÁ AKTIVITA TAVEB. VZORKU - MAX. 100 BQ/KG.								

Alena REITMAJEROVÁ
nezávislý oprávněný zástupce
unabhängiger berechtigter Vertreter



Dodaný materiál odpovídá předpisu objednávky.
Die obengenannten Erzeugnisse entsprechen den Bestimmungsvorschriften - Products conform with the prescription of order.

Potvrdil: Reitmajerová Alena, referent KSivj, Uvolňování a atestace
V Kladně dne: 17.08.2006

Příloha 13

Chemické složení – tavba H

Příloha 13

DIA2000SE

Date: 7.3.2007

Time: 13:06:23

List of Analyses

Date: 7.3.2007

Time of Analysis: 13:05:13

SampleNo R038 1105 101AB-H2

Program Fe110

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cu
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hodnot	0,430	0,805	0,284	0,0252	0,0300	1,03	0,0368	0,186	0,00466	<0,0010 0,0902
Al	Sn	W	Co	B	Pb	Sb	Nb	Zr	Ca	As
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hodnot	0,0262	0,00681	<0,0010	0,00315	0,00061	<0,0010	<0,0010	0,00611	<0,0010	0,00126 0,00659
Fe										
%										
Hodnot	97,0									

Příloha 14

Atest – tavba I

Příloha 14

Page: 1 of 1

Number: 2007/01/001044-REI



SOCHOROVÁ VÁLCOVNA TŽ, a.s. / Průmyslová 1000/ 739 70 Třinec - Staré Město / Czech republic

ŠKODA AUTO a.s. *2038/05 101AB*
zavazec 19309
zavazek I
 Tr. Václava Klementa 889
 293 60 Mladá Boleslav
 Česká republika

Objednávka - Ihr Auftrag - Your order: Kontrakt/Zakázka-Werks Nr. - Our order:
 55029039/3G 7000231398 / 000010
 0041044703 / 14
 Avizo - Aviso - Advise note: Dopr. prostředek č. - Waggon No:
 nebo/oder/for
 EU-Lieferschein Nr-Delivery note-L.list: 5S95227 1S29909
 3707000058

Abnahmeprüfzeugnis 3.1- Inspection certificate 3.1 - Inspekční certifikát 3.1, EN 10204:2004

Lieferung - Delivery - Popis materiálu	Gewicht - Weight - Hmotnost	Güte - Grade - Jakost	Norm - Standard - Norma
Tyče kruhové loupané 87,5 mm 6,000 m +200 -200	20.656 kg	42CrMoS4 přírodní	EN10083/1-91+A1- 96.C ČSN 420134.79

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG - CHEMICAL ANALYSIS - CHEMICKÉ SLOŽENÍ (%)

Schmelze Heat Tavba	Gewicht Mass Hmotnost (kg)								
T19309 KKO-kontislitky	20656	C	MN	SI	P	S	CR	NI	CU
		0.44	0.77	0.27	0.018	0.029	1.14	0.03	0.04
		MO	AL	SN	V	TI	N	H	
		0.188	0.033	0.003	0.005	0.0018	0.0095	1.60	ppm

MECHANISCHE WERTE - MECHANICAL VALUES - MECHANICKÉ ZKOUŠKY

Schmelze Heat Tavba	Streckgrenze Yield point Mez kluzu Rp 0.2(MPa)	Zugfestigkeit Tensile strength Mez pevnosti Rm (MPa)	Bruchdehnung Elongation Tažnost A5 (%)	Bruchelastn. Contraction Zúžení Z (%)	Schlagarbeit Energy of Impact Nárazová práce KV (J)/KCV(J/cm2)	Reinheitsgrad nach Microcleaness acc. Mikročistota dle DIN 50602	Brinellhärte Brinellhardness Tvrdost dle Brinella HB	Entkohlen Decarburization Oduhličení (MM)
T19309	966	1066	16,4	59,1		K4-0,00	302-302	.0 inf.
Zkušební vzorek D 18mm - 850°C/olej + 600°C/1 hod/vzduch. Zkušební vzorek D 10mm zušlechtěn. Velikost austenického zrna dle ČSN 420462 - 8. Mikrostruktura - řádkovitost - ČSN 420469 - 2/2B. 100% UZ kontrola dle SEP 1921/84 C/c. 100% kontrola povrchových vad. Vakuovaný materiál. 100% spektrotest.								
DODRŽENA RADIOIZOTOPICKÁ AKTIVITA TAVEB. VZORKU - MAX. 100 BQ/KG.								

Rei
 Alena REITMAJEROVÁ
 nezávislý oprávněný zástupce
 unabhängiger berechtigter Vertreter



Dodaný materiál odpovídá předpisu objednávky.
 Die obengenannten Erzeugnisse entsprechen den Bestimmungsvorschriften - Products conform with the prescription of order.

Potvrdil: Reitmajerová Alena, referent KSJv, Uvolňování a atestace
 V Kladně dne: 04.01.2007

Příloha 15

Chemické složení – tavba I

Příloha 15

DIA2000SE

Date: 7.3.2007

Time: 13:01:55

List of Analyses

Date: 7.3.2007

Time of Analysis: 13:00:45

SampleNo R038 1105 101AB-I 2

Program Fe110

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cu
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hodnot 0,445	0,780	0,294	0,0165	0,0242	1,14	0,0324	0,192	0,00430	<0,0010	0,0414
Al	Sn	W	Co	B	Pb	Sb	Nb	Zr	Ca	As
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hodnot 0,0308	0,00468	<0,0010	0,00309	0,00049	<0,0010	<0,0010	0,00619	<0,0010	0,00159	0,00525
Fe										
%										
Hodnot 97,0										

Příloha 16

Atest – tavba C



SOCHOROVÁ VÁLCOVNA TŽ, a.s. / Průmyslová 1000/ 739 70 Třinec - Staré Město / Czech republic

ŠKODA AUTO a.s.

Tř. Václava Klementa 869
293 60 Mladá Boleslav
Česká republika

Objednávka - Ihr Auftrag - Your order: Kontrakt/Zakázka-Werks Nr. - Our order:
55029039/3G 7000207251 / 000010
0041016491 / 14

Avízo - Aviso - Advise note: Dopr. prostředek č. - Waggon No:
nebo/oder/or

EU-Lieferschein Nr-Delivery note-L.list: 3706005748 3T69308 FM8152

EN 10204 3.1.B Abnahmeprüfzeugnis - Inspection certificate - Certificate de réception

Lieferung - Delivery - Popis materiálu	Gewicht - Weight - Hmotnost	Güte - Grade - Jakost	Norm - Standard - Norma
Tyče kruhové 87,5 mm 6,000 m +200 -200	21.244 kg	42CrMoS4 přírodní	EN10083/1-91+A1-96.0 420134.79

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG - CHEMICAL ANALYSIS - CHEMICKÉ SLOŽENÍ (%)

Schmelze Heat Tavba	Gewicht Mass Hmotnost (kg)	C	MN	SI	P	S	CR	NI	CU
T50288 KKO-kontislitky	21244	0.43	0.79	0.27	0.017	0.028	1.02	0.03	0.08
		MO	AL	SN	V	TI	N	H	
		0.188	0.026	0.004	0.005	0.0016	0.0070	1.50 ppm	

MECHANISCHE WERTE - MECHANICAL VALUES - MECHANICKÉ ZKOUŠKY

Schmelze Heat Tavba	Streckgrenze Yield point Mez kluzu Rp 0.2(MPa)	Zugfestigkeit Tensile strength Mez pevnosti Rm (MPa)	Bruchdehnung Elongation Tažnost A5 (%)	Brucheinschn. Contraction Zúžení Z (%)	Schlagarbeit Energy of impact Nárazová práce KV (J)/KCV(J/cm2)	Reinheitsgrad nach Microcleaness acc. Mikročistota dle DIN 50602	Brinellhärte Brinellhardness Tvrdost dle Brinella HB	Entkohlen Decarburization Oduhličení (MM)
T50288 inf.	745	948	12,6	34,0			288 -292inf.	
100% kontrola povrchových vad. Vakuovaný materiál. 100% spektrotest.								
DODRŽENA RADIOIZOTOPICKÁ AKTIVITA TAVEB. VZORKU - MAX. 100 BQ/KG.								



Alena REITMAJEROVÁ
nezávislý oprávněný zástupce
unabhängiger berechtigter Vertreter

Dodaný materiál odpovídá předpisu objednávky.
Die obengenannten Erzeugnisse entsprechen den Bestimmungsvorschriften - Products conform with the prescription of order.

Potvrdil : Reitmajerová Alena ,referent KSlvj , Uvolňování a atestace
V Kladně dne : 03.07.2006

Příloha 17

Chemické složení – tavba C

Příloha 17

DIA2000SE

Date: 7.3.2007

Time: 12:57:02

List of Analyses

Date: 7.3.2007

Time of Analysis: 12:55:41

SampleNo R038 1105 101AB-C-7

Program Fe110

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Ti	Cu
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hodnot	0,424	0,800	0,280	0,0160	0,0263	1,01	0,0271	0,190	0,00413	<0,0010	0,0745

	Al	Sn	W	Co	B	Pb	Sb	Nb	Zr	Ca	As
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hodnot	0,0250	0,00559	<0,0010	0,00275	0,00040	<0,0010	<0,0010	0,00584	<0,0010	0,00135	0,00330

	Fe
	%
Hodnot	97,1

PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

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

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

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně a použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Mladé Boleslavi, dne 24. 5. 2007

.....
Jana Zvěřinová