

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: materiálu a tváření

Fakulta: strojní

Školní rok: 1962/63

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. S t r o j n í k o v ě n í

obor Strojírenská technologie

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název thematu: U daného výlisku (polokoule zadního kyvného ramene č.v. 663-1663) vyhodnotit a zdůvodnit vhodnost navrženého technologického postupu se zřetelem na výrobu vlastního dílu lisováním za tepla, proti původně uvažovanému lisování za studena, a se zřetelem na následující operace svarování.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Z důvodnění zadaného úkolu.
- 2) Technologické postupy tváření za studena a za tepla.
- 3) Rozbor deformace a napjatosti při tváření polokoule za studena a za tepla.
- 4) Porovnání obou způsobů.
- 5) Ekonomické zhodnocení.
- 6) Závěr.

V 19/1962 S

Rozsah grafických laboratorních prací: Diagramy a tabulky

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran textu

Seznam odborné literatury:

Zubcov - Lisování.
Romanskij - Příručka pro lisování za studena.
Čuchopárek - Kování v zápuštěch.
Brjuchanov - Reberskij - Zápuštěvé kování.
Háček - Teorie tváření.
Gelaji - Výpočet síly a spotřeba energie při tváření.

Vedoucí diplomní práce: doc. Ing. Miroslav Kořínek

Konsultanti: Ing. Jaroslav Křištof

Datum zahájení diplomní práce: 24. září 1962.

Datum odevzdání diplomní práce: 3. listopadu 1962.

L. S.

hadrav
Vedoucí katedry

Prof. Ing. Bohumil Částrčil

Mayer
Děkan

Doc. Ing. Jiří Mayer

V

Liberci

dne 24. září 1962

VŠST LIBEREC

DP - ST - 34

3. LISTOPADU 1962

str.

1

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci

fakulta strojní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

1962

F. Stuchlík

Více než pětileté studium na vysoké škole končím závěrečnou diplomovou prací. Mojí snahou bylo přistupovat se vší vážností k zadanému úkolu i když se nezabývá žádnými vynikajícími problémy. O to důležitější je však okolnost, že jde o jeden z úkolů, kterými se technik setkává každodenně při své práci, a že tímto způsobem jsem se blíže seznámil s problémy praxe.

Chtěl bych touto cestou poděkovat všem, kteří mi umožnili studium a v neposlední řadě i těm, kteří mi pomohli překonat potíže s nimiž jsem se při vypracování diplomové práce setkal.

O b s a h .

	str.
Zadání.	2
Předmluva.	3
<u>1.0.0.</u> Zdůvodnění zadaného úkolu.	9
1.1.0. Charakteristika výlišku.	11
<u>2.0.0.</u> Teorie tváření.	13
2.1.0. Tváření a tvárnost materiálu.	13
2.1.1. Působení vnějších sil na monokrystal.	13
2.1.2. Působení vnějších sil na polykryсталický shluk.	16
2.1.3. Základní zákony tvárné deformace.	17
2.2.1. Tvárná deformace za studena.	19
2.2.2. Přednosti tváření za studena.	20
2.2.3. Nevýhody.	22
2.3.1. Tvárná deformace za tepla.	23
2.3.2. Výhody tváření za tepla.	23
2.3.3. Nevýhody tváření za tepla.	24
<u>3.0.0.</u> Technologické postupy.	26
3.1.0. Pracovní postupy pro výrobu vnitřního kloubového plechu lisováním za studena.	27
3.2.0. Pracovní postup pro výrobu vnitřního kloubového plechu lisováním za tepla.	35
<u>4.0.0.</u> Rozbor, studie a hodnocení stavů v kterých se výlisek při tváření nachází.	40
4.0.1. Vyplyvající úkoly.	41
4.1.0. Technologické zkoušky materiálu.	41
4.1.1. Vlastnosti použitého materiálu dle ČSN.	42
4.1.2. Zkouška tahem, tvrdostí, pronikloubení /E/, ohybem.	43
4.2.0. Zkušební lisování kulového kloubu.	53
4.2.1. Výsledky ověřovacích zkoušek.	53
4.2.2. Poznámky k některým operacím při tváření za studena.	59

	str.
4.3.0. Průběhy tvrdosti H_{V30} .	62
4.4.0. Studie deformací a napjatosti.	72
4.4.1. Odvození vztahu pro napětí.	73
4.4.2. Analytické řešení tvaru výlisku.	74
4.4.3. Výpočet napětí.	75
4.4.4. Zjištění deformace při tváření kulového kloubu.	78
<u>5.0.0.</u> Posouzení technologického postupu lisování vnitřního plechu zadní polenápravy za tepla.	85
5.1.0. Poznámky k jednotlivým operacím postupu pro tváření za tepla.	87
5.1.1. Příprava materiálu.	87
5.1.2. Prostříhování.	87
5.1.3. Ohřev polotovárů.	88
5.1.4. Vylisování tvaru kulového kloubu /op.15/.	90
5.1.5. Normalizační žhání.	93
5.1.6. Moření a neutralisace.	94
<u>6.0.0.</u> Ekonomické hodnocení.	96
6.0.1. Výpočet časových fondů.	97
6.0.2. Plánované výrobní úkoly AZNP na léta 1964-1970.	97
6.1.0. Ekonomické hodnocení tváření za studena.	98
6.1.1. Podíl odpisů strojů.	99
6.1.2. Podíl nákladů na nástroje.	100
6.1.3. Spotřeba energie.	100
6.1.4. Cena materiálu.	101
6.1.5. Réžie.	101
6.1.6. Celkově vynaložené náklady na 1000 kusů v jednotlivých letech při tváření za studena.	102
6.2.0. Ekonomické hodnocení tváření za tepla.	103
6.2.1. Podíl odpisu strojů.	104
6.2.2. Podíl nákladů na nástroje.	105
6.2.3. Spotřeba energie.	105

	str.
6.2.4. Cena materiálu.	106
6.2.5. Režie.	106
6.2.6. Celkově vynaložené náklady na 1000 kusů při tváření za tepla.	107
6.3.0. Srovnání vynaložených nákladů pro uva- řované operace obou technologií	107
6.4.0. Celkový ekonomický závěr	109
<u>7.0.0.</u> Závěr	110
<u>8.0.0.</u> Seznam použité literatury	112

Přílohy:

1. Výkres součástí.
2. Postupové prostřihovačlo.
3. Tažidlo.
4. Prostřihovačlo.
5. Ohybačlo.
6. Obrubovačlo.
7. Kalibruvačlo.

Seznam a vysvětlení použitých symbolů.

C	Integrační konstanta.	
C _e	Cena energie připadající na výrobu 10 ³ ks	Kčs
C _m	Cena materiálu na výrobu 10 ³ ks	1000 Kčs
C _n	Plánovaná cena nástroje	10 ³ Kčs
C _s	Pořizovací cena stroje	10 ³ Kčs
C _s	Podíl pořizovací ceny stroje připadající na kusy 003-2063	10 ³ Kčs
C _{on}	Cena oprav nástrojů.	10 ³ Kčs
C	Číslo vzorku.	
d	Průměry vyznačené v obrázcích	mm
F	Plocha průřezu trhací tyčky	mm ²
H _{v30}	Tvrdost podle Vikerse - 30 kg, 30 sec.	kg/mm ²
K	Plánovaný počet dílů za rok	10 ³ ks
K'	Plánovaný počet dílů za rok i s náhr.	10 ³ ks
K _{ob}	Koeficient obrubování.	
K _v	Koeficient využití stroje pro danou op.	%
K _t	Koeficient využitelnosti času.	
M _s	Jednicová mzda na 1000 kusů	Kčs
N	Příkon stroje	kW
O ₁	Obvod tvarového výseku	mm
O ₂	Obvod otvoru	mm
O _s	Ópis stroje připadající na 10 ³ výrobků	Kčs/10 ³ ks
O _s	Ópisové procento pro stroje	%
op	Číslo operace	
O	Počet oprav nástroje během jeho životnosti.	
P	Síla při trhací zkoušce	kg
P	Měrný tlak	kg/mm ²
P _s	Střížná síla	kg
P _t	Síla protažení	kg
R	Celková režie výroby	Kčs/10 ³ ks
R _c	Celopočetníková režie	Kčs/10 ³ ks
R _d	Zbytkový podíl díl. režie	Kčs/10 ³ ks

1.0.0. Závědnění zadaného úkolu.

Základní zákon socialismu vytyčuje jako hlavní úkol naší společnosti maximální uspokojování potřeb pracujících za soustavného růstu životní úrovně. Široké uplatnění techniky a její dokonalé využití je nejdůležitější cestou k zvyšování produktivity práce, bez jejíhož nepřetržitého růstu by nebylo možné splnění vytčených cílů.../35/

Otázky zvyšování úrovně strojírenské výroby jsou proto v popředí zájmu všech hospodářských, odborových a stranických orgánů, protože splnění daných úkolů je možné jen ve společnosti, která mobilisuje všechny tvůrčí složky, ve společnosti, kde lidem jsou dány k dispozici nejnovější poznatky vědy a techniky.

Je třeba pamatovat i na jinou stránku věci. Svět je rozdělen na dva tábory. Dva typy světových soustav vedou zdánlivě tichý, ale přesto nelítostný boj. Na jedné straně v předsmrtné křeči podniká kapitalismus vše, aby zardousil novou socialistickou společnost. Obstát může jen ten, kdo bude moci opřít o silnou hospodářskou základnu svoje cíle.

Jsme průmyslově vyspělý stát, jehož výrobky jsou známy téměř po celém světě. Chceme-li své dosavadní pozice ještě více upevnit, je třeba vyrábět lépe a kvalitněji, což znamená rovněž hospodárněji. Zde nachází hlavní působiště strojírenská technologie, která přináší klíčové řešení v otázkách zvyšování produktivity práce. Použití moderních vysoce

produktivních výrobních způsobů, nových druhů strojů a výrobních strojních zařízení je jedním z řešení tohoto komplexu problémů.

Bouřlivý rozvoj zaznamenaly zejména tvářecí metody a to ne jen v oblasti prvovýroby, ale i na úseku finálních operací. Dokazuje to mimo jiné i růst lisovacího parku, jeho modernizace, rozšiřování a budování nových lisoven. Tento rozvoj je umožněn přechodem od kusové výroby k výrobě seriové, případně hromadné, jak je patrné zejména při výrobě automobilů. Vyspělost automobilového průmyslu se pak stává jedním z měřítek průmyslové vyspělosti státu vůbec.

S růstem životní úrovně velmi úzce souvisí i rozvoj výroby automobilů u nás i v zahraničí, což klade zvýšené požadavky na toto odvětví strojírenského průmyslu. Má-li být tedy kryta poptávka na domácím i zahraničním trhu musí být jednotlivé součásti vyrobeny tím nejpokrokovějším a ekonomicky nejvýhodnějším způsobem. Podíl váhy výlisků k celkové váze vozu v důsledku toho značně stoupá. To pak vyžaduje, aby technologie lisovaných součástí byla rozpracována do všech podrobností.

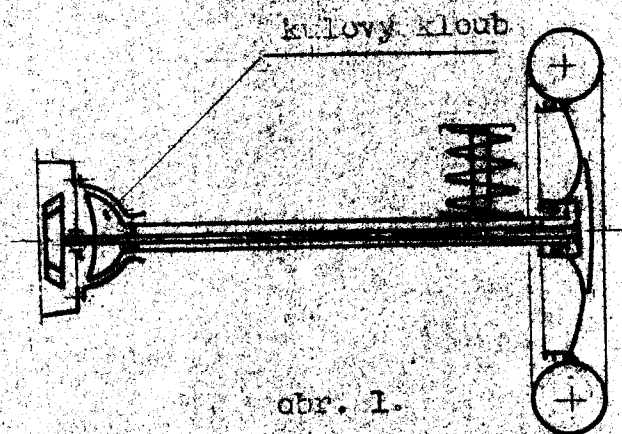
Lisované součásti, a tím není míněna jen kategorie velkých karosářských výlisků, umožňují lepší využití materiálu při minimálním odpadu. Rovněž příznivě se snižuje váha vozu jako celku, což je důsledkem výhodnějšího pevnostního využití materiálu.

Rozhodneme-li se vyrobit nějakou součástku lisováním, není věc ani zdaleka vyřešena. Lisařská

technika má své zákonitosti a problémy, z nichž jeden může být:

Tvářet součást za studena nebo za tepla? To je jedna z otázek, s kterou se můžeme na našich závodech setkat při řešení konkrétních případů.

Předložená diplomní práce se takovýmito problémy zabývá při výrobě výlisku, jenž je součástí zadní polonápravy nového typu osobního automobilu značky Škoda.

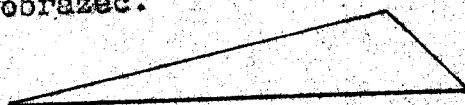


1.1.0. Charakteristika a funkce výlisku.

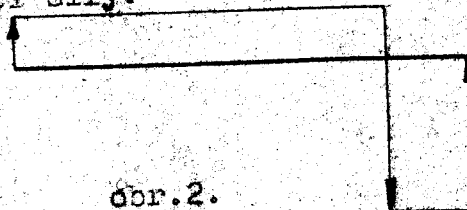
Uspořádání zavěšení ramene zadní kyvné polonápravy, jak je naznačeno na obrázku 1., bylo odvozeno od jistého, velmi úspěšného zahraničního vozu. Vlastní výlisek, jenž je zde vnitřním kulovým kloubem je součástí dynamicky značně namáhanou ani ne tak ohybovým momentem /jde o kloub/ jako spíše posuvovými silami /obr. 2./.

Důležitá je zároveň i potřeba vyšší odolnosti styčné plochy vůči otěru.

Momentový obrazec.



Posouvající síly.



obr. 2.

To je také důvod proč konstrukce podvozku předepisuje a trvá na materiálu o vyšší pevnosti, který zase z hlediska tvárnosti není nejvhodnější /34/.

Vlastní výlisek svojí velikostí patří do kategorie malých až středních kusů. Vyšší stupeň obtížnosti jeho výroby lisováním za studena je způsoben požadavky konstrukce na některé části jeho tvaru /viz příloha 1./ Jde hlavně o hrdlo kloubu, jehož výška je určena požadavky pro svařování.

2.0.0. Teorie tváření.

2.1.0. Tváření a tvárnost materiálu.

K správnému pochopení dějů a chování materiálu při tváření je nutno nejprve se seznámit s fyzikální podstatou těchto pochodů. Kovy jsou krystalická tělesa, jež se skládají z velkého počtu různě orientovaných krystalů - jejich stavba je tedy polykrystalická. Deformace polykrystalu je pak výsledkem deformace jednotlivých zrn.

Tvářením rozumíme takové zpracování kovů, při němž se mění poloha jednotlivých elementárních částic /3/, /33/, /4/, /5/, aniž by se tyto od sebe oddělovaly. Tvárnost je umožněna kovovou vazbou atomů, jež jsou více méně pravidelně uloženy v krystalových mřížkách a je tím vyšší, čím větší je symetrie jejich uspořádání, čím větší je jejich koordinační číslo, čili čím hustěji a pravidelněji jsou atomy v mřížce obsazeny.

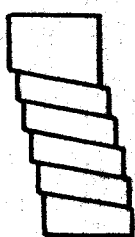
2.1.1. Působení vnějších sil na monokrystal.

Vnější síly působící na separovaný krystal se snaží jej přetvořit. Proti nim působí vnitřní síly, které přetvoření brání a jejichž velikost je přímo závislá na vnitřní stavbě monokrystalu.

Přestanou-li vnější síly působit nabývá krystal původního tvaru. To ovšem předpokládá, že atomy při jednoosém namáhání vzájemně nezměnily svoji polohu o hodnotu větší než je parametr jejich mřížky. Takovouto vlast-

nost nazýváme pružností. Při pružné deformaci práce vnějších sil mění se v potenciální energii napjatosti, která vlastně umožňuje navrácení do původního tvaru.

Překročí-li však hlavní napětí $\sigma = \frac{dP}{dF}$ způsobené vnějšími silami určitou hodnotu, dochází k trvalým deformacím, při čemž atomy mění svoji polohu o vzdálenost větší než je jejich mřížková konstanta /3/, /4/, /5/, /33/. Práce vnějších sil se při tom vedle deformační práce spotřebovává na změnu vnitřní energie a teplo.



kluz



dvojče

obr. 3.

K tvárné deformaci dochází vzájemným posuvem v určitých krystalografických rovinách, což je způsobeno tangenciálním napětím. Při dosažení určité kritické hodnoty napětí počnou deformace probíhat zvětšenou rychlostí. Dochází k plastickým deformacím označovaným jako kluz. Posuvy mají za následek i natáčení krystalu. Kromě této translace může vnější síla deformovat krystal složitým vnitřním překlápěním, čímž se tvoří krystalové dvojče s charakteristickou symetrií. /obr.3/ Hodnota kritického kluzového napětí se snižuje se vzrůstající teplotou. Podstatný vliv

má na ni i předcházející namáhání krystalu.

U čistých kovů je hodnota kritického kluzného napětí velmi nízká. Výpočtem zjištěné hodnoty z působení meziatomových sil jsou sto až tisíc krát větší /31/. Tento rozdíl je vysvětlován teorií dislokací.

Teorie dislokací předpokládá, že v mřížkách se vyskytují určité nepravidelnosti - poruchy. Uvedená porucha není však vázána na jedno určité místo mřížky, ale může se posouvat působením kluzného napětí. Proběhne-li dislokace celým krystalem zaujímají jednotlivé atomy nové rovnovážné polohy, čili dojde ke kluzu dvou vrstev. K takovému postupnému posuvu stačí daleko menší kluzné napětí, než odpovídá vypočtené za předpokladu, že se po sobě posouvají celé atomové vrstvy. Pohyb dislokací není ovšem také nahodilý. Poruchy se zdánlivě pohybují podle druhů materiálu v určitých směrech podle určitých zákonitostí.

Současně s probíhajícími dislokacemi se zvětšuje porušení mřížek. Mřížka se tak dostává do stavu velkého atomárního pnutí, jež se na venek projeví zvýšením pevnosti, meze pružnosti a poklesem tažnosti za současných změn fyzikálních a chemických vlastností. Tak je vysvětleno zpevnění k němuž dochází při tváření za studena. U slitin k tomu navíc při tváření za studena přistupuje blokování kluzných rovin segregovanými atomy přísad nebo nečistot.

2.1.2. Působení vnějších sil na polykrystalický shluk.

Kovový materiál se skládá z velkého počtu různě orientovaných krystalů, které spolu souvisí atomovou obálkou o vyšším energetickém potenciálu. Tím se působení síly na vznik deformací značně komplikuje. Vlastnosti takového krystalového shluku nejsou pak dány ani statistickým průměrem vlastností jednotlivých monokrystalů. Nepatrná vrstvička hmoty na rozhraní jednotlivých krystalů má totiž jiné vlastnosti než krystal sám. Rovněž tvar jednotlivých krystalů, jejich vzájemná poloha a velikost ovlivňují navenek se projevující vlastnosti krystalového shluku.

Odlišení vlastností monokrystalu nastává i z hlediska dopružování polykrystalu. Při namáhání nad mez pružnosti dochází k trvalým a pružným deformacím. Pružné deformace po odlehčení zmizí. V důsledku toho, že některé krystaly byly působení vnější síly vystaveny méně, nebo vůbec ne, dochází k vyrovnávání takto vzniklých pnutí pozvolnou zpětnou deformací.

Rozesnávané dva druhy deformace polykrystalu. deformaci vnitrokrystalickou a mezikrystalickou. Při vnitrokrystalické deformaci nastává kluz nebo se tvoří krystalové dvojče. Při mezikrystalické deformaci se jednotlivá zrna vzájemně otáčejí a posouvají. Převládající je však vnitrokrystalický kluz.

Plastická deformace je i při tváření polykrystalu provázána mnohými jevy, z nichž nejdůležitější jsou: změna tvaru zrn, změna orientace zrn, zvýšení odporu proti deformaci a vznik zbytkových pnutí.

Aplikujeme-li teorii dislokací na polykrystalickou látku docházíme k těmto závěrům. Při tváření se dislokace zastavují na hranicích zrn, čímž prudce stoupá vnitřní energie a možnost dalšího kluzu se zmenšuje. To se navenek projevuje větším či menším zpevněním tvářeného kovu. Nahromaděné dislokace, které blokují kluzné roviny, se mohou uvolnit ohřevem v důsledku zvýšené pohyblivosti atomů.

2.1.3. Základní zákony tvárné deformace.

Uvedený mechanismus působení vnějších sil na těleso je možno vyjádřiti několika základními zákony. /24/

a/ Zákon smykového napětí: tvárná deformace může nastat jen v tom případě, když smykové napětí v deformovaném tělese dosáhlo určité velikosti.

b/ Zákon pružného odlehčení plasticky deformovaného tělesa: tvárná deformace je vždy provázána pružnou deformací.

c/ Zákon stálosti oběmu: oběm tělesa před deformací se rovná oběmu tělesa po deformaci.

d/ Zákon nejmenšího odporu: mohou-li se body deformovaného tělesa přemísťovat /posouvat/

v různých směrech, přemisťují se ve směru nejmenšího odporu. Největší deformace tělesa tedy nastane ve směru, v němž většina přemisťujících se bodů narazí na nejmenší odpor.

e/ Zákon podobnosti: při podobných podmínkách tvárné deformace jsou si měrné tlaky při kluzu navzájem rovny, platí-li o tvářených tělesech, že poměr deformovaných stran je roven druhé mocnině a poměr přetvárných prací třetí mocnině délkových rozměrů.

f/ Zákon přídavných napětí: při tvárné deformaci vznikají v tělese přídavná napětí, která se vzájemně vyrovnávají.

g/ Zákon nezávislosti polohové energie: množství měrné polohové energie závisí na podmínkách deformace a nezávisí na schematu hlavních napětí.

Citování těchto základních zákonů jsem považoval za nutné, vzhledem k tomu, že v dalších partiích se budu na některé z nich odvolávat.

2.2.1. Tvárná deformace za studena.

V předcházející části jsem se zabýval zákony a procesy, jež se odehrávají uvnitř mřížky, případně krystalů, jsou-li vystaveny působení vnějších sil. Tvářený kov se však jinak chová za teplot nízkých, jinak za teplot vysokých. Kritériem, zda jde o tváření za studena, či v druhém případě za tepla, případně při ještě podrobnějším dělení o neúplné tváření za studena, nebo neúplné tváření za tepla je rekrytalizační teplota. Ta se pohybuje u různých kovů kolem čtyřiceti homologických stupňů.

Tvárná deformace za studena je provázena, jak bylo ukázáno v minulé partii, i změnou mechanických vlastností kovu. Úplné /rekrytalizace/ nebo částečné/zotavení/ obnovení původních vlastností materiálu lze dosáhnout vhodným ohřevem /4/, /5/, /9/, /10/.

Rekrytalizací pak rozumíme takovou krystalizační změnu, při níž nedochází ke změně modifikace, ale při určité teplotě a po určitém čase se vytvoří nová struktura. První částí děje je zotavení, při němž dochází k odstranění poruch mřížky. Později se v místech s největší volnou energií začne tvořit nová generace krystalů, jež může za určitých okolností přerůst a začít splývat. Mechanické vlastnosti kovu se za předpokladu stejné velikosti zrna vrátí přibližně do původního stavu.

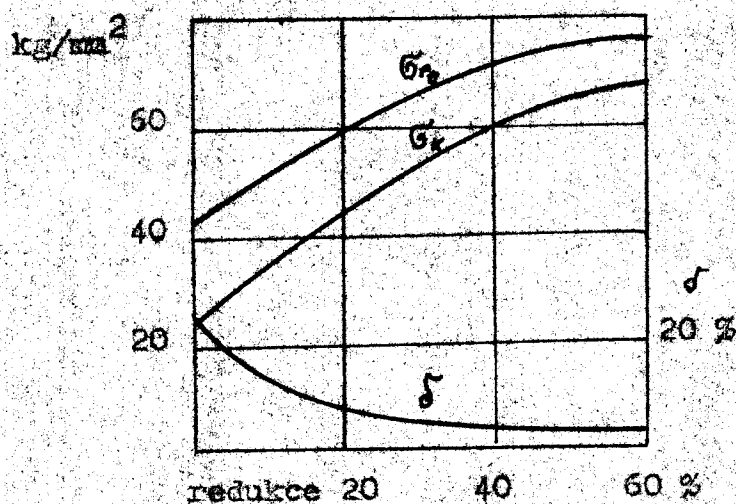
Tváření za studena, které nachází nejširší uplatnění u nízkouhlíkatých ocelí přináší řadu výhod proti tváření za tepla. K tomu je nutno poznamenat, že označení nějaké objektivní skutečnosti jako výhodu je v některých případech značně relativní. Takovéto třídění vlastností používám pouze v zájmu systematického rozdělení, které mi v dalším usnadní posouzení konkrétního případu.

2.2.2. Přednosti tváření za studena.

Skutečnost, že při tváření za studena je teplota kovu nízká a tedy i chemická aktivita jeho povrchu velmi malá vede k tomu, že povrch není znečištěn korozními zplodinami. To má za následek nejen kvalitní povrch, ale i možnost dosažení vyšší přesnosti výrobku, která v mnohých případech omezuje potřebu dalšího třískového obrábění. Z obojího pak vyplývá, že materiál není znehodnocován chemicky ani mechanicky, ale je ho hospodárně využito. Vlastní ohřev, jenž je zpravidla nutným předpokladem tvářecí práce za tepla a který je, jak z investičního, tak provozního hlediska jako celku drahou záležitostí, zde odpadá. Zároveň mizí pochopitelně i starost s odstraňováním okují.

Změny, ke kterým v krystalu a jeho okolí dojde v důsledku působení vnější síly na tvářený kov způsobí i změnu mechanických vlastností materiálu. Vyšší pevnost v tahu jako projev existence zpevnění je možno považovat za výhodu, pokud ovšem není zmenšená houževnatost překážkou dalšího zpracování. Značně stoupá i mez

průtažnosti, která u intenzivně tvářeného materiálu dosahuje mnohdy devadesáti procent jeho pevnosti v tahu. /4/, /5/, /obr. 4./



obr. 4.

Změna fyzikálních a chemických vlastností neskýtá u běžných druhů ocelí používaných pro tváření za studena zvláštních výhod.

Použití lisování za studena je výhodné i z hospodářského hlediska. Dovoluje totiž vyrábět v krátkých časech s vysokou produktivitou součásti, které by někdy ani jiným způsobem nešly vůbec, nebo jen těžko zhotovit. Předpoklad toho, velkoseriová výroba snižuje i požadavky na kvalifikaci dělníka pracujícího u automatů, nebo poloautomatů. Příznivě působí i snížený vliv obsluhy na kvalitu výrobků, což se projeví v poklesu zmetkovitosti.

2.2.3. Nevýhody.

Některé jevy, k nimž při tváření za studena dochází mohou být na závadu vlastnostem výrobku a je pak možné kvalifikovat je jako nevýhodné.

Změna mechanických vlastností se v důsledku nerovnoměrnosti deformace projeví i nerovnoměrným rozložением napětí po průřezu, které tak vyvolává vnitřní pnutí. Ta mohou být v některých případech tak velká, že ohrozí použití polotovaru pro další zpracování v lisovacích nástrojích.

Rozvinená hladina volné energie se ve svých špičkách může projevit zvýšením nebezpečí vzniku koroze.

Nepoměrně větší koeficient přetvárného odporu při tváření za studena, proti tváření za tepla, vyžaduje použití podstatně větších tvářecích sil, na které musí být dimensovány příslušné tvářecí stroje a nástroje. To se pak nepříznivě projeví v některých případech u ekonomických ukazatelů.

Lisování za studena vyžaduje zejména pro hlubší tehy také zvlášť vhodný materiál. Podmínkou dobré tažnosti je co největší čistota a rovnoměrnost krystalisace tvářeného kovu. Zpravidla jde o ocel s méně než 0,1 % C vyrobenou pečlivě vedeným Martinovým pochodem. Snahou zde je docílení co nejmenšího obsahu fosforu, síry a jiných nečistot.

Velmi nepříznivě působí skutečnost, že v mnohých případech je nutné tažení provést ve více tazích, než by bylo potřeba při práci za tepla.

Nevýhodná je z hospodářského hlediska i aplikace tváření za studena u malosériové výroby. Zde vychází při použití běžných výrobních způsobů velmi vysoké náklady na jednici výroby.

2.3.1. Tvárná deformace za tepla.

Tváření za tepla rozumíme zpracování polotovaru při teplotě, která je vyšší než teplota rekrytalizace, jak jsem již v předcházející kapitole vysvětlil. Kov se již neztvrdňuje, respektive nestačí zpevňovat, protože v důsledku vysokého ohřevu (200 - 300 °C pod solidem), probíhá zároveň rekrytalizace.

2.3.2. Výhody tváření za tepla.

Práce s kovem o vysoké teplotě přináší řadu výhod, z nichž je nutno některé jmenovat. Především podstatně vyšší tažnost při poklesu pevnosti dovoluje provádět velké redukce tvářecího průřezu bez ohrožení jeho porušení. Zároveň potřebné síly jsou v důsledku poklesu meze pevnosti a kluzu σ_s, σ_k , tedy i koeficientu přetvárného odporu μ_s, μ_k , menší.

Daleko nižší jsou i zbytková napětí způsobená vlastním tváření.

Důležitá je i skutečnost, že vhodným způsobem tváření za tepla je možno změnit strukturu tvářeného kovu přímo při zpracování. Materiál, který je rekrytalisován nemá tvářením deformované zrno, pouze má ve směru nejintenzivnějšího tváření rozmístěné případné nemetallické inkluse a segregáty, které potom způsobí anisotropii takového kovu. S tím je nutno počítat téměř u všech z ingotů zhotovených plechů a jde jen o to umět, pokud to je možné, rozdílných vlastností, které polotovary vykazují, využít.

Na tažnost materiálu v normálním stavu nejsou z hlediska jeho dalšího zpracování za tepla kladeny žádné vyšší požadavky.

Z ekonomického hlediska je výhodné tváření za tepla zpravidla jde-li o menší výrobní serii, protože podíl nákladů připadajících na jednici výroby vyjde menší.

2.3.3. Nevýhody tváření za tepla.

Mezi nevýhody, které jsou spojeny s tvářením za tepla, kromě již zmíněné textury, patří potíže s odstraňováním okují a potřeba tepelného zpracování materiálu, který je citlivý na nerovnoměrné chladnutí k němuž může po lisování dojít. Mimo to existuje zde ještě i jisté nebezpečí, totiž zhrubnutí zrna nesprávným vedením tvářecího procesu. U měkkých ocelí to přichází v úvahu jako důsledek zpracování materiálu v kritické oblasti /nevhodná teplota a nevhodný stupeň tváření/. Nepřiměřeně

hrubou strukturu můžeme získat u některých zvláště na to citlivých materiálů příliš vysokou teplotou ohřevu nebo ukončením tvářecího procesu při teplotě ležící značně nad teplotou přeměny. Tím dochází ke snížení některých důležitých mechanických hodnot materiálu.

Práce s rozžhaveným kovem je zpravidla nebezpečná. Je zde možnost také zvýšené zmetkovitosti.

V ekonomice, jak již bylo řečeno, se nepříznivě odrazí potřeba zařízení a energie pro ohřev.

3.0.0. Technologické postupy.

Technologické postupy jsou základem celé přípravy výroby i při lisování. Protože však příprava výroby je složitá a trvá dlouho /1957 - 1963/ a náklady na lisovací nástroje jsou poměrně vysoké, je třeba technologické postupy vypracovat pečlivě, aby byly technicky účelné a hospodářsky co nejúčinnější. I malé dodatečné změny v postupu vedou obvykle k tomu, že se musí lisovací nástroj předělat nebo i úplně znovu navrhnout a vyrobit. To ovšem vyžaduje značného času a nákladů.

Problémy spojené s vypracováním technologického postupu lze obvykle řešit několika způsoby, avšak základním úkolem technologa je zvolit co nejúčinnější a nejúčelnější řešení pro daný případ se zřetelem na zvláštní technické a ekonomické znaky výlisku.

Také v případě dílu č. 003-2063, který nese název "vnitřní kloubový plech zadní polonápravy" byl vypracován technologický postup pro lisování součástí za studena. /součást viz.příloha 1./

Po neúspěšných ověřovacích zkouškách navrhnutého postupu bylo přistoupeno k vypracování technologického postupu pro lisování součástí za tepla.

Poznámka: Nástroje v příloze 2-7 jsou informativně nakresleny podle zkušebních nástrojů a doplněny tak, jak asi budou vypadat nástroje u seriové výroby.

3.1.0. Pracovní postup pro výrobu vnitřního kloubového plechu lisováním za studena.

L I S O V Á N Í Z A S T U D E N A.

op.	stroj-nástroj-ukony v operaci	P	tp	tk	Ms
05	-strojní tabulevé nůžky -nastříhat pásy 3x132x2000 pro 14 kusů	1	10	0,02	0,0013
10	-výstředníkový lis LE 160 -postupové prostřihovače viz příloha 2. -v postupové raznici vylišovat na dvě polohy tvarový výsek s předlisováním hrdla: a/ předlisovat kouli dla kót r 45, r 19 do hloubky 7 mm /to platí pro snazší vylišování hrdla/ b/ vyrazit čistý tvarový výsek i s výřezy pro střechení r 3 /viz tabulka 5./ str. 28.	1	40	0,14	0,012
15	-výstředníkový lis LEMP-63 -tažidlo /viz příloha 3./ -výlisek střídit na obvod předlisovanou kulovou plochou nahoru; vytáhnout hrdle kulového kloubu /obr.6/ -vkládání a vyjímání ručním vsuvá- novačem; spouštění lisu pro obě ruce	1	37	0,14	0,0113

op.	stroj-nástroj-úkony v operaci	P	t _p	t _k	M _s
20	-výstředníkový lis LEN 63p -prostríhovačlo /viz příloha 4/ -prostríhnout otvor Ø 30 pro hrdlo /7. obr./ -vkládání a vyjímání ruční	1	37	0,0212	0,0166
25	-výstředníkový lis LE 250 -ohybačlo /viz příloha 5./ -vylisovat tvar kulového vrchlíku; spouštění lisu pro obě ruce /obr. 8./	1	40	0,0314	0,0302
30	-lis LU 1600 -dvě raznice upnuté na společ- né desce stolu lisu /viz pří- loha 6. a 7./ a/táhnout hrdlo kulového kloubu na Ø 42 a výšku 7,5 mm /obr. 9./ b/kalibrovat celkový tvar t.j. kouli Ø 125 H 11 -vkládání a vyjímání výlistu ruční pinsetou; spouštění li- su pro obě ruce; tvar kontro- lovat pomocnou šablonou během výroby	2	60	0,5140	0,0402
35	-vyprat	2	0	0,1000	0,0078
40	-technická kontrola -výběrem kontrolovat kulový tvar Ø 125 H 11 a výšku hrdla				

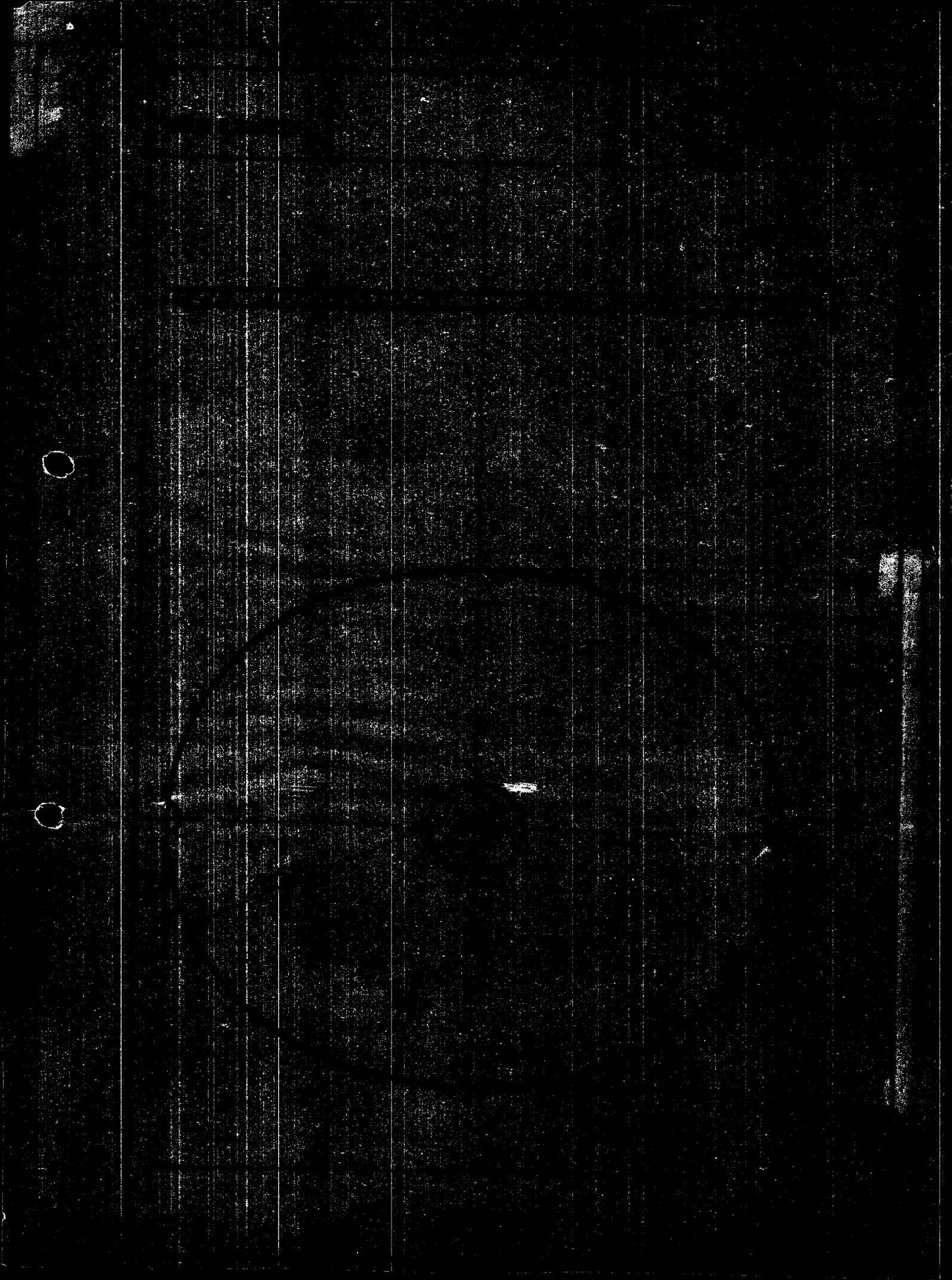
op.	stroj-nástroj-úkony v operaci	P	t _p	t _k	M _s
	šablonou; Ø 48, Ø 116 ± 1, 110 ± 1 a 3 posuvným měřítkem, r 15 a tlouštku 2,5 h 12 měrkou a indikátorovým obkročákem, jakost povrchu 3,2 a 125 ověřit vnější prohlídkou dle porovnávacích destiček jakosti opracování				
45	-vrtačka TOS VS 32 -rychloupínací pneumatický přípravek -kus v přístroji střídit na vnitřní průměr koule 125; zarovnat čelní stranu hrdla hotově -měřit každý padesátý kus	1	10	0,58	0,045
45k	-kontrolovat zarovnání čelní plochy na míru 6				
50	-bruska hrotová BUA - 31 s oboustranným brousícím vířetnem -pneumatické upínání a zařízení na tvarové opracování -kus střídit s dorazem na průměr 125, upínat za vnější tvar koule do Ø 48; vnější povrch koule hotově brousit; brousit čelem brusného kotouče, měřit každý 10. kus	1	23	1,07	0,0954

op.	stroj-nástroj-úkony v operaci	P	t _p	t _k	M _s
50k	-kontrolovat tvar koule a ohledem na tloušťku stěny 2,7 hl2				
55	-zámečník s vzduchovou bruskou -hrany po celém obvodu zaoblit -kontrolovat zaoblení hran	1	0	1,0	0,076
60	-prací stroj vyprat	1	0	0,1	00089
65	-konečná kontrola -kontrolovat celkové provedení dle statistické kontroly				

3.2.0. Pracovní postup pro výrobu vnitřního kloubového plech lisováním za tepla.

L I S O V Á N Í Z A T E P L A.

op.	stroj-nástroj-úkony v operaci	P'	t _p	t _k	M _s
05	-strojní tabulové nůžky -nastříhat pasy 3x132x2000 pro 14 kusů, odkládat na palety	1	10	0,02	00018
10	-výstředníkový lis LE 160 -v postupové raznici vylisovat a/ odlehčovací otvor Ø 20 b/. obvodový tvar pro 1 ks -posouvání pasu ručně /obr.10./	1	60	0,14	00125
15	-lis LUK 400 -výseky ohřát v ohřívací peci s regulovatelnou teplotou od 900 - 1000° C -ustředit na obvodový tvar a vylisovat kouli Ø 125 H11 včetně hrdla kulového kloubu na Ø 42 a výšku 7,5/obr. 11./	1	60	0,40	0,096
20	-normalizační žíhání -v normalizační peci ohřát na teplotu 890 - 910° C, po de- síti minutách vyjmout z pece a nechat vychladnout na vzdu- chu	1	0	0,13	00231
25	-moření a neutralisování -mořit v koši pro 200 ks v H ₂ SO ₄ /50-60° C/ /10-25 %/	1	0	0,13	00149



op.	stroj-nástroj-úkony v operaci	P'	t _p	t _k	M _s
	-po dvaceti minutách vyjmout, nechat odkapat a převézt nad vanu s vodním oplachem - provést oplach 30 sec a ne- utralisovat ve vaně s rozto- kem sody /vápno/				
30	-lis LU 1600 -kalibrovat kouli Ø 125 H11 a hrdlo Ø 42 /příloha 7/ -vkládání a vyjímání ruční	1	60	0,26	0,024
35	-vrtačka TOS VS 32 -rychloupínací pneumatický pří- pravek -kus v přístroji střídit na vnitřní průměr koule 125, zarovnat čelní stranu hrdla hotově -měřit každý padesátý kus	1	10	0,58	0,045
k35	-kontrolovat zarovnání čelní plochy na míru 6				
40	-bruska hrotová BUA - 31 s o- boustranným brousícím vřete- nem -pneumatické upínání a zaří- zení na tvarové orovnávání -kus střídit s dorazem na prů- měr 125, upínat za vnější	1	23	1,07	0,0954

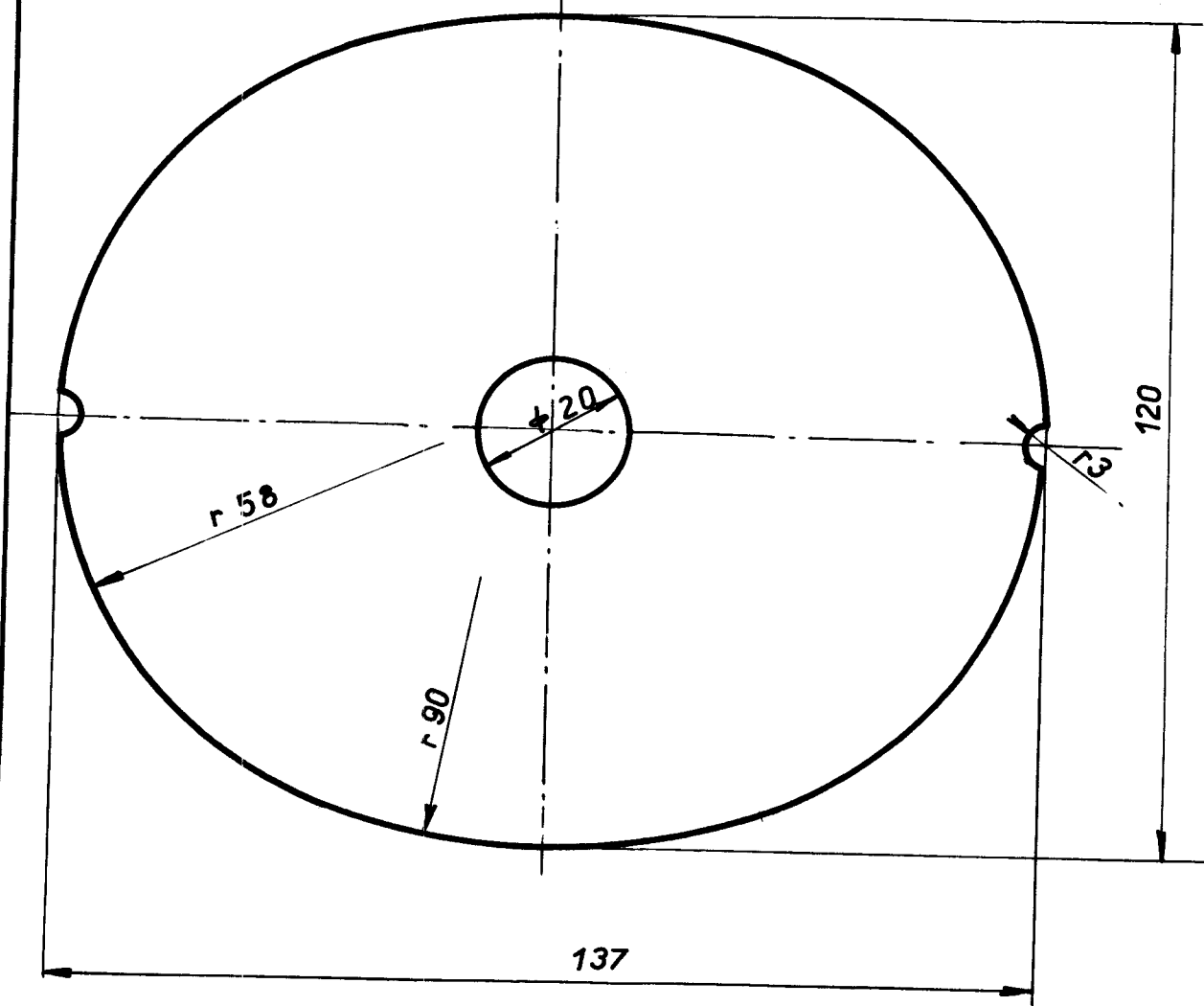
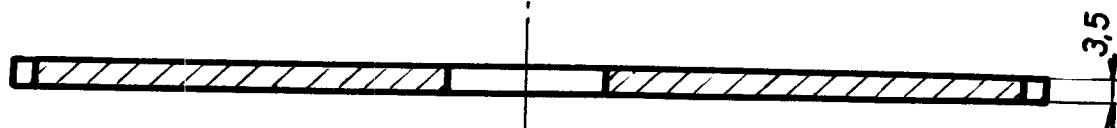
VŠET LIDENEC

DT - ST - 84

3. listopadu 1962

str. 36

obr. 10.



ВНЕШ. ВИД

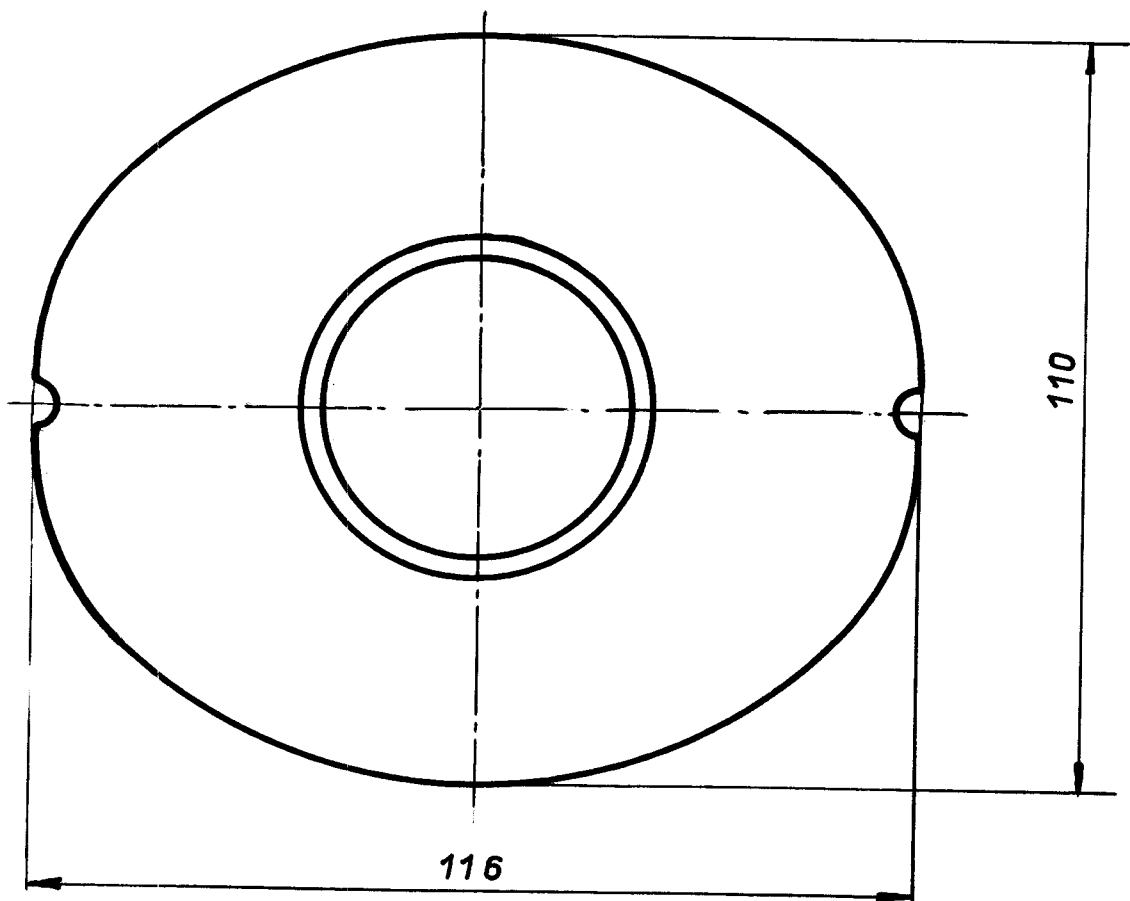
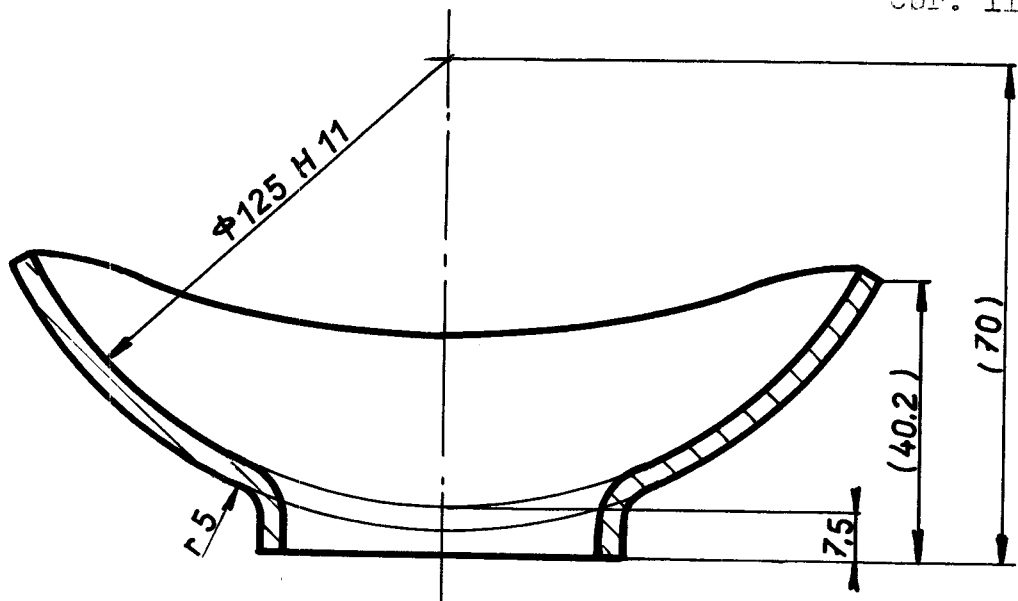
ДП - СТ - 84

3.11.1962

стр.

37

сбр. 11.



VŠST LIBEREC

DP - 00 - 04
3. LISTOPADU 1962

Figure 1 is a line graph titled 'Percentage of TEE by Activity and Time of Day'. The Y-axis represents 'Percentage of TEE' from 0 to 100 in increments of 10. The X-axis represents 'Time of Day' from 0 to 24 in increments of 2. There are four data series: Rest (solid line), Light (dashed line), Moderate (dotted line), and Vigorous (dash-dot line). The Rest series starts at ~75% at 0h, dips to ~65% at 2h, rises to ~75% at 4h, dips to ~65% at 6h, rises to ~80% at 8h, dips to ~75% at 10h, rises to ~85% at 12h, dips to ~75% at 14h, rises to ~80% at 16h, dips to ~75% at 18h, rises to ~85% at 20h, dips to ~75% at 22h, and rises to ~80% at 24h. The Light series starts at ~10% at 0h, rises to ~15% at 2h, dips to ~10% at 4h, rises to ~15% at 6h, dips to ~10% at 8h, rises to ~15% at 10h, dips to ~10% at 12h, rises to ~15% at 14h, dips to ~10% at 16h, rises to ~15% at 18h, dips to ~10% at 20h, rises to ~15% at 22h, and dips to ~10% at 24h. The Moderate series is consistently low, around 2-3%. The Vigorous series is also consistently low, around 1-2%.

10

pp.	содержание	п	т ₂	т ₁	т ₀
40	содержание				
41	содержание				
42	содержание				
43	содержание				
44	содержание				
45	содержание				
46	содержание				
47	содержание				
48	содержание				
49	содержание				
50	содержание				
51	содержание				
52	содержание				
53	содержание				
54	содержание				
55	содержание				
56	содержание				
57	содержание				
58	содержание				
59	содержание				
60	содержание				
61	содержание				
62	содержание				
63	содержание				
64	содержание				
65	содержание				
66	содержание				
67	содержание				
68	содержание				
69	содержание				
70	содержание				
71	содержание				
72	содержание				
73	содержание				
74	содержание				
75	содержание				
76	содержание				
77	содержание				
78	содержание				
79	содержание				
80	содержание				
81	содержание				
82	содержание				
83	содержание				
84	содержание				
85	содержание				
86	содержание				
87	содержание				
88	содержание				
89	содержание				
90	содержание				
91	содержание				
92	содержание				
93	содержание				
94	содержание				
95	содержание				
96	содержание				
97	содержание				
98	содержание				
99	содержание				
100	содержание				

op.	stroj-nástroj-úkony v operaci	P	t _p	t _k	M _s
	tvár koule do Ø 48, vnější povrch koule hotově brousit, brousit čelem brusného koutouče, měřit každý 10. kus				
40k	-kontrolovat tvar koule s ohledem na tloušťku stěny 2,7 hl2				
45	-zářečník s vzduchovou bruskou -hrany po celém obvodu zaoblit -kontrolovat zaoblení hran	1	0	1,0	0,076
50	-prací stroj -vyprat	1	0	0,1	0,0089
55	-konečná kontrola -kontrolovat celkové provedení dle statistické kontroly				

4.0.0. Rozbor, studie a hodnocení stavů, v kterých se výlisek při tváření nachází.

Když jsem byl postaven před úkol zdůvodnit vhodnost navrženého technologického postupu pro tváření za tepla o proti lisování za studena byl jsem nucen nejprve si ověřit původně navržený postup /za studena/. Aby však vůbec bylo možno srovnávat, potřeboval jsem v praxi prověřit oba způsoby, protože o dosavadních zkouškách, které probíhaly v rozpětí několika let nebyly k dispozici žádné materiály ani záznamy.

Postupoval jsem tak, že jsem se snažil zjistit si nejdříve neuskutečnitelnost lisování dílu za studena navrženou technologií na základě toho pak technicky a hospodářsky zdůvodnit nutnost lisování vnitřního kulového plechu zadní polonápravy za tepla.

4.0.1. Vyplývající úkoly.

Bylo zde několik důvodů, kterými by se, jak jsem se domníval, nechal vysvětlit neúspěch lisování plechu za studena.

- 1/ Nevhodný materiál, respektive použitý materiál neodpovídající svými vlastnostmi materiálu předepsanému.
- 2/ Nesprávně zvolený technologický postup, nebo vinou nástrojů a strojního zařízení nedodržené zásady lisovací techniky.
- 3/ Nevhodná konstrukce výlisku.

Z celé této problematiky vyplynuly násled-

čující úkoly, které jsem si rozdělil:

- a/ technologické zkoušky materiálu
- b/ provedení studie deformace a napjatosti a její praktické ověření na válečku při použití různého materiálu za různých podmínek
- c/ kritika navrženého pracovního postupu pro lisování za studena

Na základě zjištění těchto skutečností bude možné vyjádřit se k danému problému jako celku.

4.1.0. Technologické zkoušky materiálu.

Při vlastním ověřovacím lisování kulového kloubu za studena a za tepla jsem použil tří různých druhů materiálů. Chtěl jsem si zjistit případnou možnost použití náhradního materiálu. Zvolil jsem z dostupných druhů plechu tři kvality a sice 11 378.1, 11 428.1 a 11 321.9. Poslední z nich je o tloušťce 3,5 mm záměrně vybrán s ohledem na tváření za tepla.

Úkolem technologických zkoušek je zjistit nejdůležitější vlastnosti materiálu vybraného pro tváření kulového kloubu a ty pak srovnat s údaji materiálové normy. Dále pak posoudit, jak dálece je možno klást požadavky na materiál s ohledem na jeho tažení a funkci budoucího výrobku.

4.1.1. Vlastnosti použitého materiálu dle ČSN.

Ocel	11 428.1	11 321.9	11 378.1
ČSN	41 1420	41 1321	41 1378
chemické	C P S	C P S	C P S
složení %	0,14 0,05 0,05	0,09 0,045 0,045	0,1 0,05 0,05
tloušťka	3,0 mm	3,0 mm	3,5 mm
povrch	3	3	2
m. pevnosti	42 - 50 kg/mm ²	27 - 40	37 - 45
m. kluzu	23 kg/mm ²	19 - 28	21
tažnost	podél 22 %	30	24
	napříč 10 %	30	22
Erichsen	s=2 h=9,6 mm	12	10,8
ovaditelnost	dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá
tvárnost	s. dobrá	velmi dobrá	velmi dobrá
	t. dobrá	dobrá	dobrá

Poznámky k organizaci zkoušek.

Pro označování zkušebních vzorků jsem použil dvojmístného funkčního označení.

místo 1. řádu vyjadřuje druh materiálu podle

klíče: 11 321.9 ... 1

11 428.1 ... 2

11 378.1 ... 3

místo 0. řádu vyjadřuje pořadové číslo vzorku ve zkoušce

Pokud jsem použil jednomístné označení jde o vzorky z materiálů 11 428.1 žíhané po tváření za tepla, které byly pořízeny pracovníky AZNP.

Vzorky s lichým pořadovým číslem - napříč vláken.

Příklad značení: č. 24

materiál 11 428.1

vzorek č. 4

4.1.2. Zkouška tahem, tvrdosti, prohloubení, ohybem.

Tah: Zkouškou, která je jednou z nejrozšířenějších lze celkem pohodlně stanovit důležité mechanické hodnoty materiálů, jako je mez pevnosti, mez kluzu a tažnost. Pro zkoušku plechů bylo použito ploché zkušební tyčky vyrobené podle normy ČSN 42 0109. Od každého materiálu jsem odebral jak také předepisuje tato norma, vzorky napříč i podél předpokládaného směru válcování plechu.

Trhací tyčinku /viz. strana 4/ jsem na měřené délce 80 mm rozdělil na 16 dílů. To bylo provedeno na magnetické upínací desce jehlou upnutou ve stojánku s noniem, takže orýsování bylo s přesností $\pm 0,1$ mm.

Po přetržení jednotlivé díly jsem proměřoval při zvětšení desetinásobném na profilprojektoru Zeis.

Trhací stroj na $F_{\max} = 50$ t jsem použil při rozsahu do 10 t. Hodnoty celkového prodloužení byly měřeny dvěma vzájemně se svými údaji doplňujícími číselníkovými úchylkoměry.

Vzorky, které se přetrhly mimo střední třetinu nevyhodnocuji.

VŠST LIBEREC

DP - 02 - 04

3. LISTOPADU 1962

Silice - prohledání při absenci tělesu.

č.	22	23	24	12
Δ^1	P	P	P	P
0,5	200	250	300	270
1,0	600	600	700	650
1,5	1000	1050	1020	1100
2,0	1400	1400	1300	1520
2,5	1620	1620	1600	1770
3,0	1700	1700	1720	1880
3,5	1750	1720	1770	1970
4,0	1800	1770	1840	2100
5	1950	1920	1970	2200
6	2050	2020	2075	2340
7	2150	2120	2150	2400
8	2250	2190	2200	2450
10	2350	2320	2320	2570
12	2450	2400	2400	2650
14	2550	2520	2470	2700
16	2570	2550	2520	2720
18	2600	2600	2575	2720
20	2620	2610	2600	2750
22	2640	2640	2620	2750
24	2650	2650	2640	2710
26	2650	2650	2650	2700
36	2600	2600	2620	2200
38	2500	2450	2500	2120
40	2300	2250	2300	2050

VŠST LIBEREC

DP - 3. LISTOPADU 1962

3. LISTOPADU 1962

Tab. - předložení při změně tahem.

č.	32	33	34	11
Δ1	P	P	P	P
0,5	300	300	250	300
1,0	520	300	300	600
1,5	600	500	500	1100
2,0	980	800	800	1520
2,5	1100	1180	1150	1800
3,0	1500	1500	1450	1980
3,5	1880	1800	1820	2100
4,0	1940	1800	1950	2150
5	2100	2070	2150	2200
6	2240	2250	2300	2220
7	2400	2400	2450	2260
9	2600	2600	2600	2300
11	2850	2800	2880	2470
15	2950	2970	2960	2620
17	3050	3030	3080	2670
19	3120	3070	3100	2700
21	3130	3125	3115	2720
23	3150	3150	3125	2750
30	3200	3150	3125	2750
32	3020	3000	3150	2600
34	2830	2800	2900	2400
36	2620	2600	2700	2200
38	-	-	-	2100
40	-	-	-	2000

Průměrná hodnota ϵ pro $l = 5 \text{ mm}$.

$$\epsilon = \left| \frac{l - l_1}{l} \right| \cdot 100 [\%]$$

$$l = 5 \text{ mm}$$

č.	22		23		24		12	
-	l_1	ϵ	l_1	ϵ	l_1	ϵ	l_1	ϵ
1	5,9	18	5,8	16	5,7	14	6,0	20
2	6,0	20	5,9	18	5,8	16	6,5	30
3	6,2	24	6,0	20	6,0	20	6,5	30
4	6,4	28	6,0	20	6,2	24	7,0	40
5	6,4	28	6,3	26	6,2	24	9,0	80
6	6,4	28	6,3	26	6,3	26	7,2	44
7	6,6	32	6,4	28	6,5	30	6,8	36
8	6,9	38	7,0	40	6,5	30	6,5	30
9	7,5	50	8,0	60	6,7	34	6,3	26
10	8,0	80	9,1	82	7,2	44	6,2	24
11	7,9	58	7,8	56	8,1	62	6,1	22
12	6,9	38	6,9	38	8,9	78	6,1	22
13	6,3	26	6,4	28	8,0	60	6,0	20
14	6,1	22	6,3	26	7,2	44	6,0	20
15	6,0	20	6,2	24	6,8	36	5,7	14
16	6,0	20	6,0	20	6,4	28	5,6	17

Průměrná hodnota ϵ pro $l = 5 \text{ mm}$.

$$\epsilon = \left| \frac{l - l_1}{l} \right| \cdot 100 [\%]$$

$$l = 5 \text{ mm}$$

VŠST LIBEREC

DP -

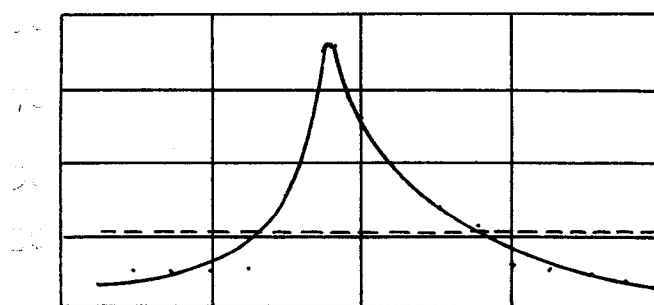
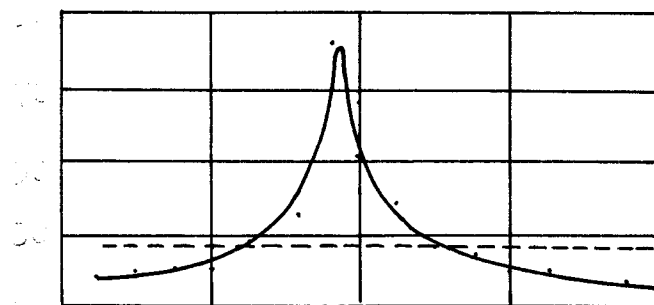
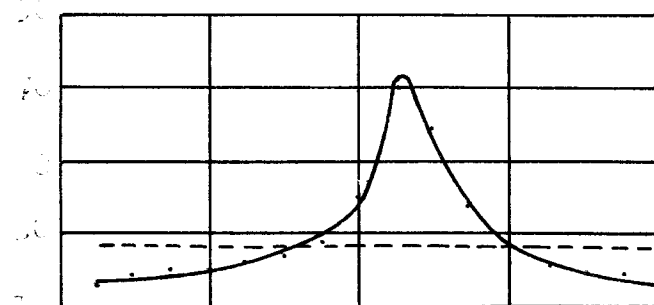
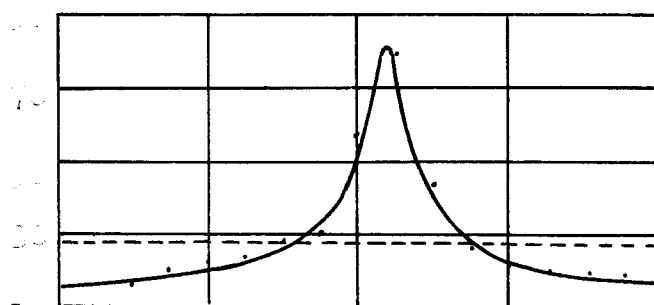
3. LISTOPADU 1962

č.	32		33		34		11	
-	l_1	ϵ	l_1	ϵ	l_1	ϵ	l_1	ϵ
1	5,8	16	5,8	16	5,9	18	5,8	16
2	5,9	18	5,9	18	6,0	20	6,0	20
3	6,0	20	6,0	20	6,0	20	6,0	20
4	6,1	22	6,0	20	6,0	20	6,0	20
5	6,2	24	6,1	22	6,4	28	6,0	20
6	6,4	28	6,2	24	7,0	40	7,0	40
7	6,5	30	6,4	28	9,2	82	9,0	80
8	8,4	68	7,0	40	8,6	72	8,0	60
9	9,0	80	8,5	70	7,0	40	9,1	82
10	7,2	44	8,0	60	6,4	28	7,9	58
11	6,3	26	7,0	40	6,2	24	6,5	30
12	6,1	22	6,3	26	6,0	20	6,0	20
13	6,0	20	6,1	22	6,0	20	6,0	20
14	6,0	20	6,0	20	5,8	16	5,9	18
15	6,0	20	6,0	20	5,8	16	5,8	16
16	5,9	18	5,9	18	5,7	14	5,7	14

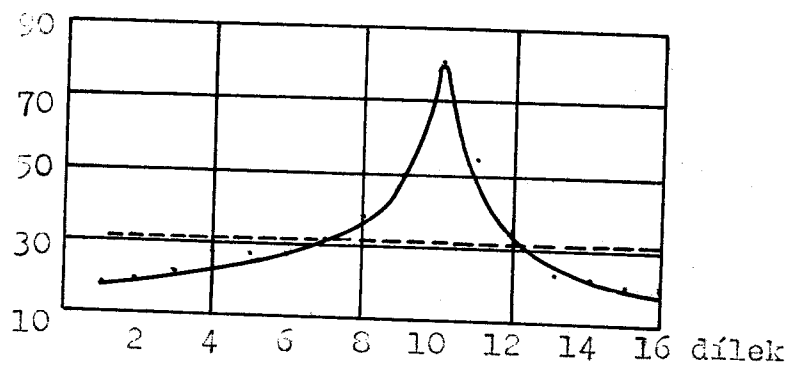
VŠST LIBEREC

DP -

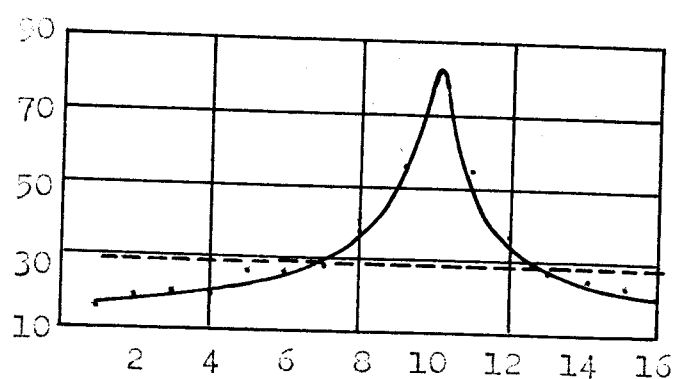
3. LISTOPADU 1962



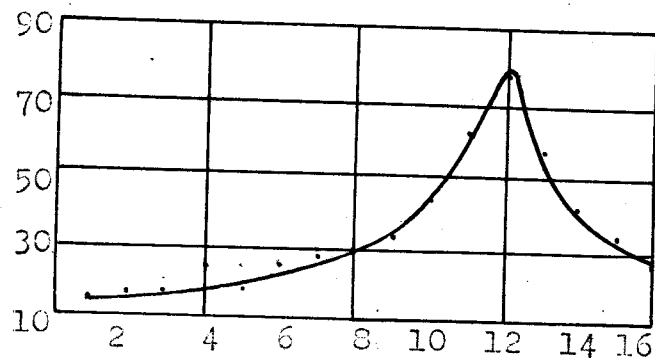
č. 22



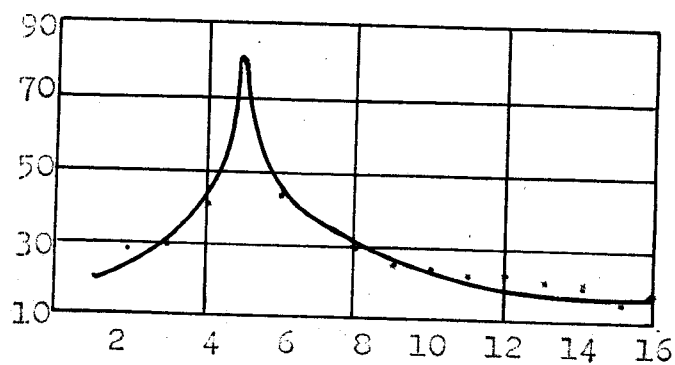
č. 23



č. 24



č. 12



Měření tvrdosti výchozího materiálu.

Tvrdost použitých materiálů byla zjišťována na přístroji Poldi - Vickers při zatížení 30kg jako průměr z 10ti měřených hodnot.

č.	$H_{V30} / \text{kg/mm}^2$
10	138
20	149
30	155

Výsledek trhačky

č.	s	b	F	σ_{p}	δ_{10}
11	3,07	20,45	64	41,8	31
12	3,08	20,45	64,3	41,0	30
22	2,95	20,01	59,1	45,1	25
23	2,95	20,01	59,1	45,1	24
24	2,95	20,01	59,1	45,1	24
32	3,50	20,45	71,6	44,0	28
33	3,50	20,45	71,6	43,0	26
34	3,50	20,45	71,6	43,5	28

V literatuře /2//27/ se doporučuje i řada dalších technologických zkoušek plechu. Vzhledem k nedostatku vhodného zařízení byla provedena pouze zkouška Erichsenova a to ještě pouze informativně /ČSN předepisuje E. do tloušťky 2 mm/.

č.	h mm
11	13
12	12,8
21	14,0
22	14,2
31	-

Určení velikosti sekundárního zrna.

Snažil jsem se vyjádřit i vliv struktury. Vzhledem k nedostupnosti normy ČSN na posouzení velikosti zrna použil jsem do nedávna i u nás platnou americkou normu ASTM.

Na metalografickém mikroskopu Neofot při 100 násobném zvětšení byla s použitím porovnávacích tabulek struktura vyhodnocena takto:

č.	třída
3	6
18	8
24	7-8
36	6-7

Z hlediska použití, materiál svou strukturou vyhovuje.

Ohybové zkoušky.

Vybrané vzorky plechu počtem a velikostí ohybů vyhověly požadavku normy.

Chemickou analýsu ocelí za účelem zjištění předepsaného složení jsem neuskutečnil, protože zde nedošlo k zásadním odchylkám v hodnotách normou předepsaných a zjištěných.

Závěrem je možno říci, že zjištěné vlastnosti použitých ocelí nevybočují z tolerančního pole připuštěného normou.

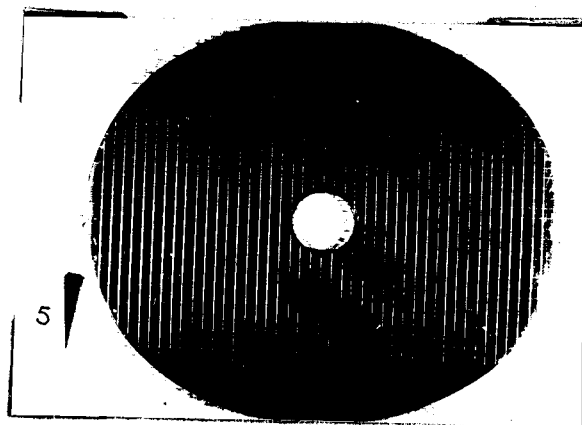
4.2.0. Zkušební lisování kulového kloubu.

Po technologických zkouškách plechů jsem přistoupil k vlastním zkouškám a měření na kulovém kloubu.

Předem bych však chtěl poznamenat několik slov úvodem. Lisování kloubu bylo možné uskutečnit pouze na strojích, které pracují na plánovaných výrobních programech a jsou plně vytíženy. Po velkých potížích se podařilo některé uvolnit, ale jen na velmi krátkou dobu. To způsobilo, že zkoušky nebyly provedeny v plném rozsahu, který jsem předpokládal. /odzkoušeno 30 kusů/ Jejich výsledek je však tak jednoznačný, že mým potřebám plně vyhověl.

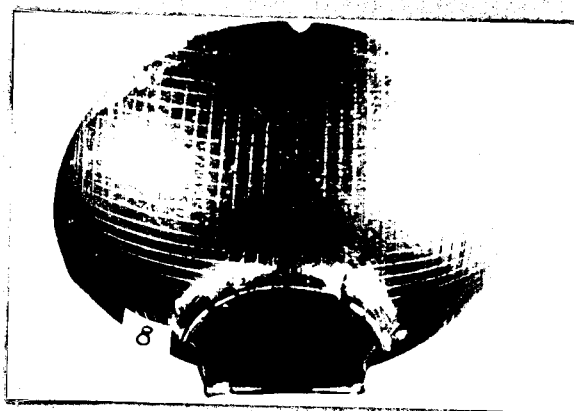
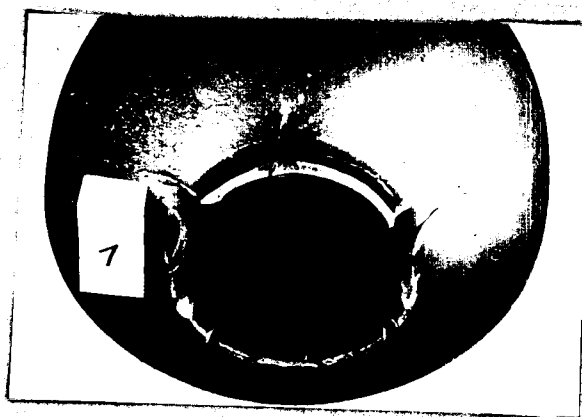
4.2.1. Výsledky ověřovacích zkoušek.

Aby mohla být uskutečněna studie deformací opatřil jsem výseky po patnácté operaci třímilimetrovou mřížkou. /viz foto 5./

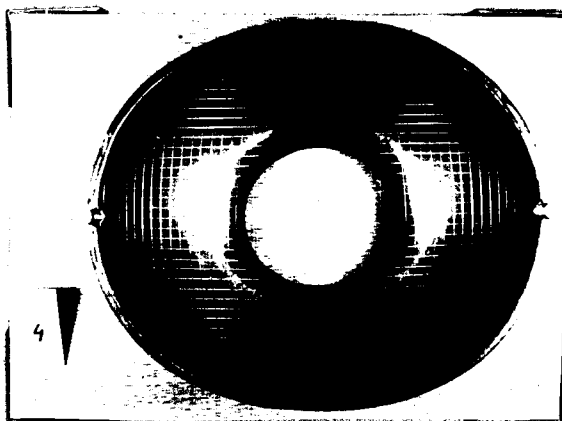
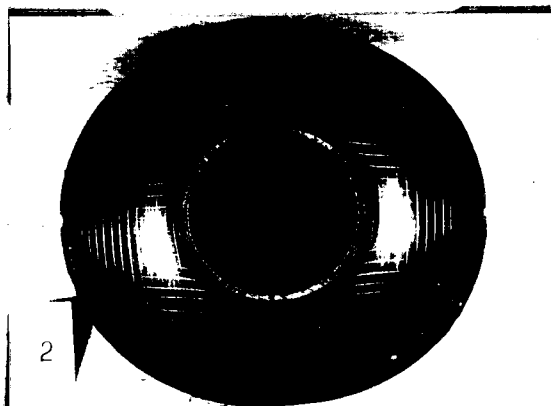


Výsledky při lisování za studena byly následující.

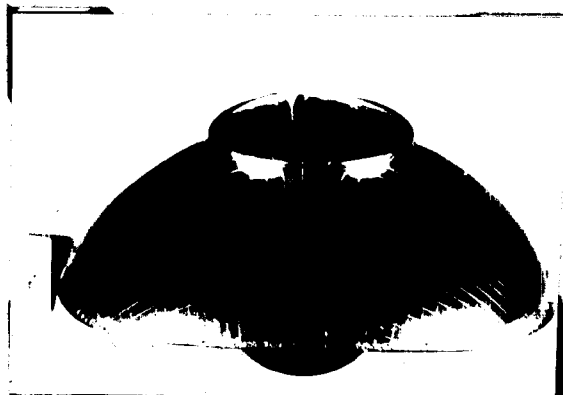
Nejvíce se projevil křehký lom v důsledku vyčerpání tvárné schopnosti materiálu u plechu 11 378.1 /viz foto 1 a 8/



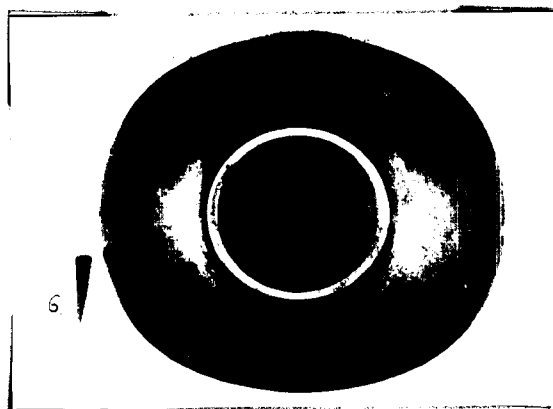
Se stejným neúspěchem jsem se setkal při použití materiálu ll 428.1 /viz foto 2 a 4/.



Ani plech ll 321.9 nesplnil požadavky na něj kladené /viz foto 7/.

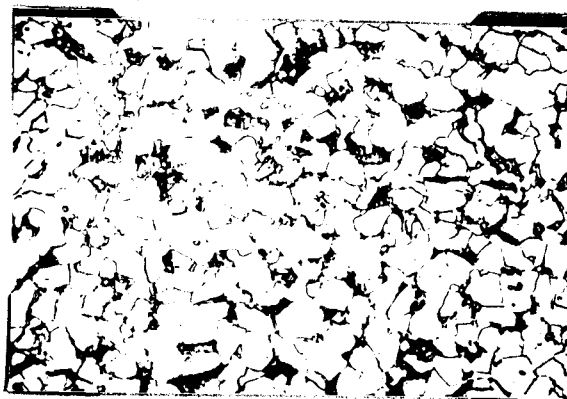


Bez viditelných vad se však podařilo vy-
lisovat /v nástroji příloha 7/ na jeden zdvih
kulový kloub z materiálů 11 428.1 i 11 378.1
/viz foto 9 a 6/ za tepla.



Jak vypadala feritická /feriticko-perlitická/ mikrostruktura jednotlivých vzorků v těsné blízkosti vzniklých lomů je vidět z metalografických výbrusů.

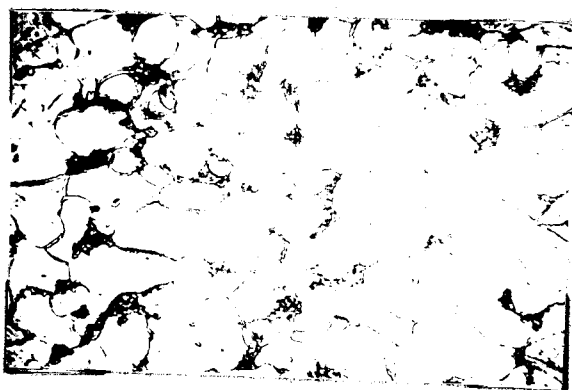
vzorek 24 -



nital

500 x

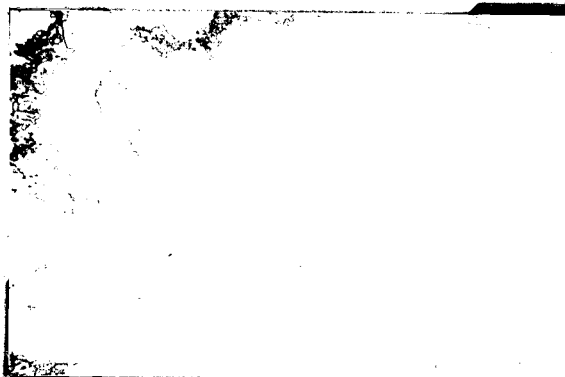
vzorek 12



nital

500 x

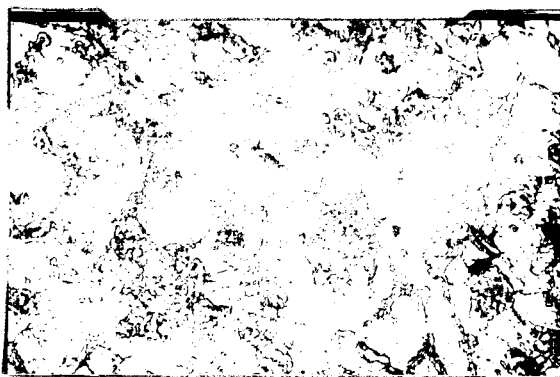
vzorek 31 / vylisován za tepla /



nital

500 x

vzorek 39 /mořen o žhán po tváření za tepla/



nital

500 x

Metalografické výbrusy jsem pořídil i z různých míst výlisku, v radiálním a tečném směru. Struktura však nikde nevykazuje žádné anomálie ani zrna není tváření za studena výrazně deformováno.

4.2.2. Poznámky k některým operacím při tváření za studena.

Zaměřím se jen na operace, u kterých podle mého názoru došlo při sestavování technologického postupu k chybám, jež způsobily neúspěch tváření za studena.

Tak na př. operace č. 15 využívá lisařského triku - obráceného tažení /29/ /36/. Je to jedna z cest jak někdy dosáhnout příznivějšího koeficientu tažení. Využívá se zde skutečnosti, že materiál je při druhém tahu /hlavním/ v nebezpečném průřezu již částečně zpevněn. Domnívám se, že tohoto principu nebylo zde dost vhodně použito. Zpevnění materiálu znamená vždy snížení jeho tažnosti, což je na závadu další, na tažnost plechu velmi náročné operace jakou je obrubování.

Nedostatečně je postaráno o kvalitu stříhané plochy a vzniklé hrany při prostřihování otvoru u operace 20. /Nepodařilo se mi změřit drsnost vzniklého povrchu otvoru - snímací hrot měřicího přístroje je vzdálen od vodícího hrotu 3 mm a plech je tlustý také 3 mm - a jinou než integrační metodu stanovení H_{Ra} nebylo vhodné aplikovat./ Výhodné by bylo použití některého způsobu přistřihování jak jsou doporučeny v literatuře /1/ /30/. Tím by se odstranil jeden z předpokladů vzniku trhlin.

Těžšíště neúspěchu lisování za studena se projevilo v operaci 30 při obrubování, kde zmetkovitost dosahuje 100 %. Zde se dostává do kon-

řlíktu požadavek konstrukce výlisku s možností zvolené technologie. Navržený tvar kloubu, zejména jeho hrdlo je ovlivněn svařováním na tupo odtavením v dalších operacích pracovního postupu polonápravy. Jde o velmi výhodný způsob svařování jak z hlediska ekonomiky velkoseriové výroby /automatisace / tak i kvality spoje, /11/ /12/. Stykové plochy svařovaných součástí se při přiblížení ve svařovacím stroji vznikajícími proudovými mstky na nerovnostech orovňávají. To je první etapa svařovacího cyklu. Před vlastním svařením dojde k odtavení určitého množství kovu, který po prudkém sražení částí k sobě i se všemi nečistotami vystřikne ven. Z toho plyne, že je nutno počítat s určitou délkou hrdla na odtavení. Firma "Ottensener Hamburg", které byl svařovací poloautomat zadán požaduje na jednostranné odtavení 4 mm.

Výšku hrdla jak je požadována konstrukcí výlisku z výše uvedených důvodů je však těžko možné vytvořit obrubováním za studena bez mezioperačního žhání. Jak vypadají deformační poměry v místě hrdla je vidět z údajů v části 4.4.4. za tepla vytvořeného výlisku.

Vyšetření poměrů při obrubování.

Výška obruby dána $H = 6 \text{ mm}$ str. 61

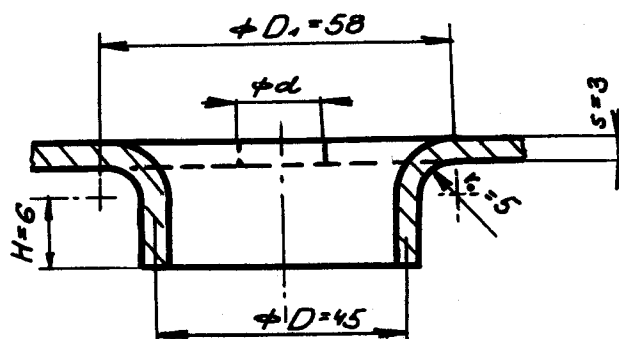
Předstřižený otvor by měl být /1/ /3/

$$d = D_1 - \left[\pi / r_0 + \frac{3}{2} / + 2H \right]$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

Za předpokladu, že nedojde ke ztenčení stěny měl by být předstřižený otvor $\varnothing 25 \text{ mm}$.

Význam jednotlivých symbolů je patrný z obr. 13



obr. 13.

Při použití složitějších vztahů, které jsou uvedeny v literatuře /1/ /3/ /16/ vyjde předstřižený otvor ještě menší /nepříznivější/.

Koeficient obrubování v našem případě je

$$K_{ob} = \frac{d}{D} = \frac{25}{45} = 0,56$$

Tak nízkého koeficientu nelze bez použití mezioperačního žíhání u ocelového plechu v žádném případě dosáhnout. Ze vztahu

$$K_{ob} = \frac{1}{1 + \frac{\epsilon}{100}} = 0,77 \quad \epsilon = 30 \%$$

a údajů literatury /3/ vyplývá, že pro náš případ by byl reálný $K_{ob} = 0,77 - 0,85$. To je hlavní důvod, proč navržený postup byl nerealizovatelný a všechny pokusy v tomto směru neúspěšné.

4.3.0. Průběhy tvrdosti. / H_{VD} /

K posouzení, jak dalece se mění v různých místech výsledku mechanické vlastnosti provedl jsem v řezech /viz foto 10/ podle schématu /str. 63/ měření tvrdosti.



foto 10

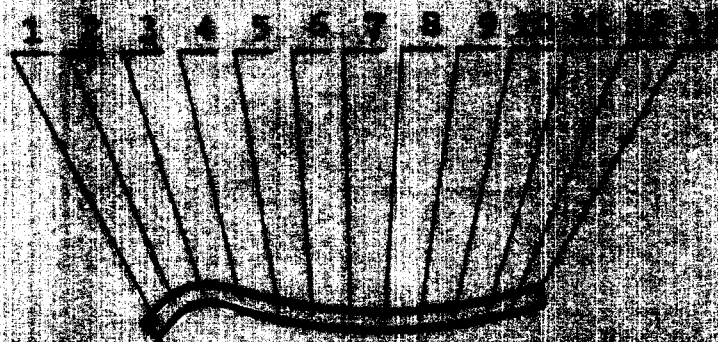
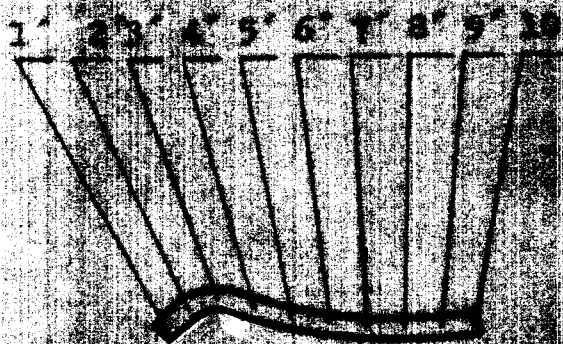
Tvar výsledku nedovolil změnit tvrdost na jeho povrchu. Tomu jsem se snažil přiblížit měřením v těsné blízkosti vnějšího okraje řezu.

Z průběhu naměřených hodnot tvrdosti, které jsou zpracovány na dalších stranách vyplývá, že v místech s největší deformací dochází k částečnému spevnění.

1552 LIEKING

12. 11. 1941
 2. 11. 1941
 1941

Schale auf Grund.



1552 12

Měření tvrdosti.

č.4	u ₁	u ₂	u _s	H _v
1	603	628	615	147
2	616	628	617	146
3	630	608	617	146
4	624	618	621	145
5	642	580	611	149
6	622	642	632	139
7	639	643	641	136
8	641	619	630	140
9	603	607	610	136
10	610	575	595	157
11	605	594	599	155
12	620	570	600	155

	u ₁	u ₂	u _s	H _v
1'	600	640	620	145
2'	650	600	625	137
3'	641	619	620	145
4'	585	675	630	140
5'	602	642	622	144
6'	670	610	640	135
7'	615	645	630	140
8'	671	593	632	139
9'	580	610	600	150

Měření tvrdosti.

č.12	u_1	u_2	u_s	H_v
1	570	560	565	174
2	575	575	575	168
3	590	590	590	160
4	540	550	545	187
5	570	600	585	163
6	600	570	585	163
7	570	585	578	167
8	584	598	591	159
9	610	596	602	154
10	600	630	615	147
11	627	627	627	142
12	640	620	630	140

1'	562	558	560	177
2'	563	568	565	174
3'	558	581	570	171
4'	555	565	560	177
5'	583	587	585	163
6'	588	571	589	160
7'	580	615	603	152
8'	620	634	627	142
9'	605	645	625	142
10'	635	645	640	136

Měření tvrdosti.

č.23	u_1	u_2	u_s	H_v
1	596	600	598	156
2	572	632	602	154
3	594	635	615	147
4	595	595	595	157
5	616	624	620	145
6	609	631	620	145
7	625	629	627	142
8	628	634	631	140
9	611	671	641	135
10	624	630	636	138
11	648	641	645	134
12	672	628	650	132

1'	593	597	595	157
2'	602	598	610	150
3'	595	603	599	155
4'	595	597	596	156
5'	621	599	610	150
6'	619	621	620	145
7'	631	599	615	147
8'	621	627	624	143
9'	642	640	641	135
10'	673	587	630	140

Měření tvrdosti.

č.24	u_1	u_2	u_s	H_V
1	580	630	605	152
2	620	610	615	147
3	575	645	620	145
4	615	580	597	156
5	622	640	631	140
6	665	630	647	133
7	645	645	645	134
8	630	640	635	138
9	570	580	575	163
10	700	620	660	128
11	659	661	660	128
12	700	680	690	197

1'	615	585	600	156
2'	620	590	605	155
3'	615	625	620	152
4'	598	570	587	145
5'	641	585	613	161
6'	640	635	637	148
7'	660	624	642	137
8'	656	684	670	135
9'	681	680	681	124
10'	662	658	660	120

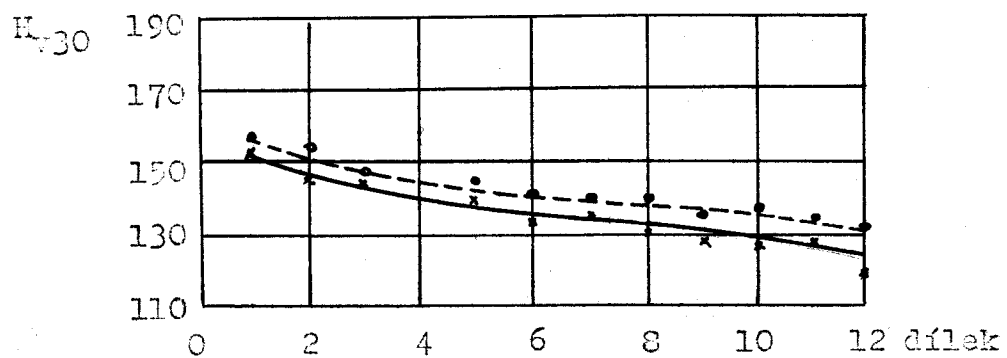
Měření tvrdosti.

č.35	u_1	u_2	u_s	H_V
1	570	560	565	175
2	540	580	560	177
3	534	570	567	173
4	590	550	570	171
5	582	586	584	163
6	582	598	590	160
7	581	587	584	163
8	584	586	580	165
9	620	546	582	164
10	597	603	600	155
11	618	624	621	144
12	618	621	620	150

1'	540	580	560	177
2'	583	587	585	163
3'	550	600	575	168
4'	581	577	578	167
5'	573	587	580	165
6'	585	583	584	163
7'	602	598	600	155
8'	612	590	601	154
9'	601	609	605	152
10'	600	630	615	147

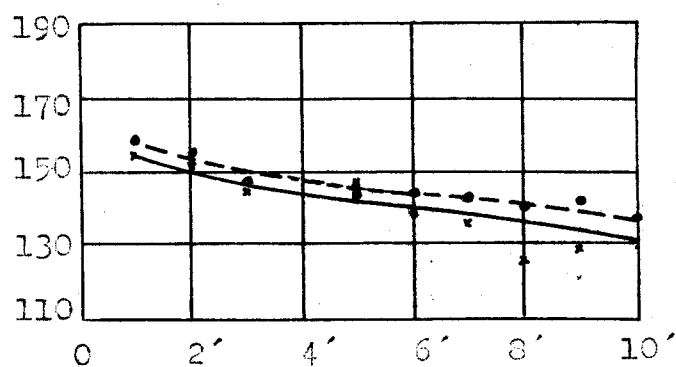
č. 23 ---- o

č. 24 — x

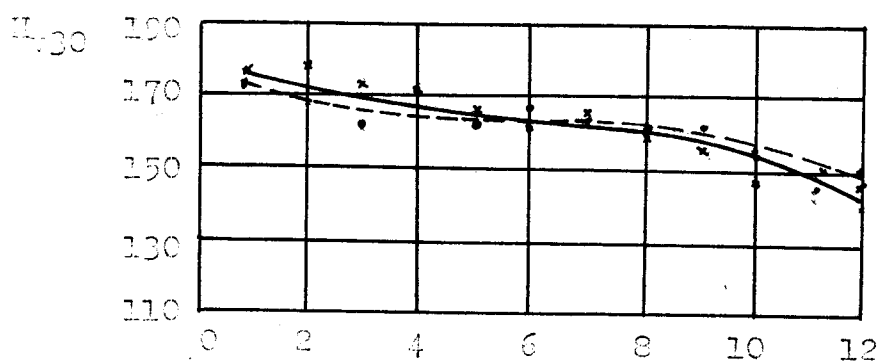


č. 23

č. 24

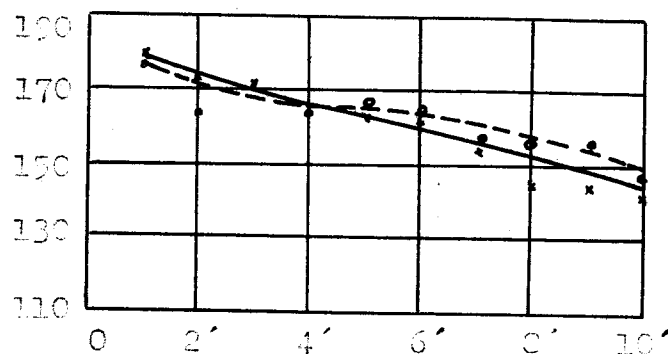


1. 21 — x
1. 35 - - - - - •

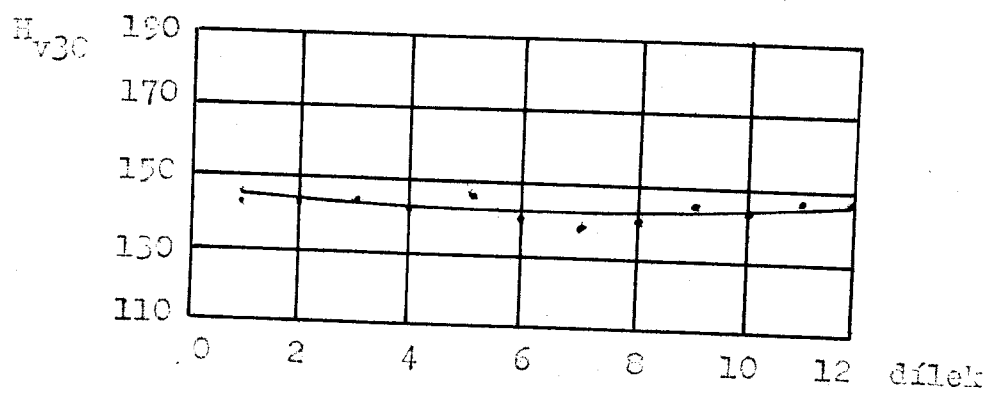


3. 12

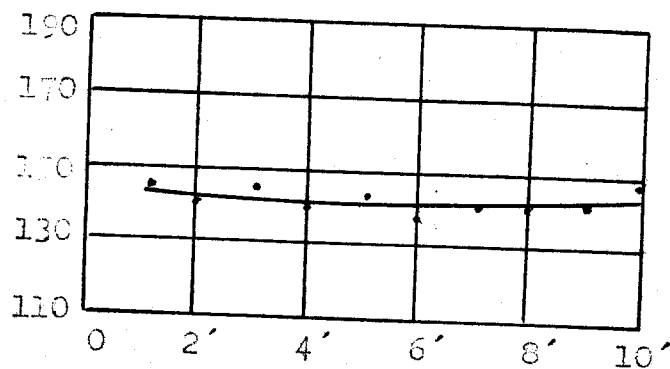
3. 35



Š. 4. / po tváření za tepla normal. žihán /



Š. 4

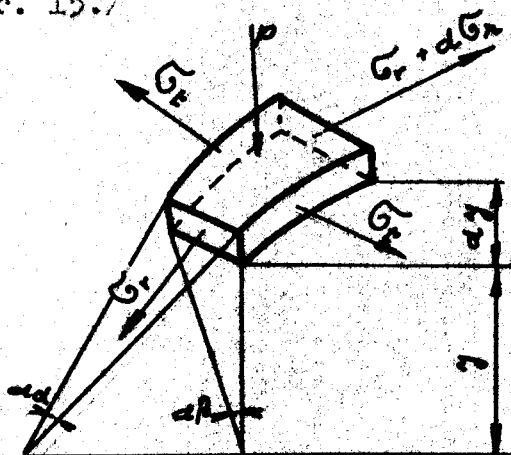


Ude se žádné zpevnění pochopitelně nevyskytuje.

4.4.0. Studie deformací a napjatosti.

Aby došlo k změně tvaru kovu při tváření je nutné docílit působením vnějších sil určitého stavu napjatosti. Napjatost je souhrn napětí, které působí v každém bodě deformovaného tělesa. Analýza deformačního pochodu vyžaduje určení směru a velikosti hlavních napětí pomocí mechanických schémat napětí /devět/ a mechanických schémat deformace /tři/. Stav napjatosti má pak vliv na tvárnost /Pelčinského diagram/. /17/ Z toho vyplývá potřeba vyšetření stavu napjatosti v našem výlisku.

Pro stav, který nastává v okamžiku těsně před ukončením tažení kulového vřchlíku výpočtem zjistím vzniklá napětí. Z obecného rotačního tělesa pro odvození potřebných vztahů vytknu element /2/ /16/ /19/. Po uvedení sil na něj působících do rovnováhy lze sestavit diferenciální rovnici, jejíž primitivní funkce umožní zjistit napjatost v libovolném bodě tělesa. /obr. 15./



obr. 15.

4.4.1. Odvození vztahu pro napětí.

Po promítnutí působících sil do tečny k střední povrchce meridiánového řezu lze po úpravě napsat tvar: /16 /

$$\gamma \cdot \frac{d\sigma_r}{d\gamma} + \sigma_r - \sigma_z = 0$$

Jde o homogenní diferenciální rovnici prvního řádu, jejíž primitivní funkci lze snadno nalézt. Po zavedení zjednodušujícího předpokladu /tla-
ková složka napětí p je proti radiálnímu a teč-
nému napětí malá - hypotéza smykových napětí/, /32/

$$\sigma_r - \sigma_z = \sigma_x$$

lze psát :

$$\gamma \cdot \frac{d\sigma_r}{d\gamma} = -\sigma_x$$

$$d\sigma_r = -\sigma_x \cdot \frac{d\gamma}{\gamma}$$

$$\int d\sigma_r = -\sigma_x \cdot \int \frac{d\gamma}{\gamma}$$

$$\sigma_r = C - \sigma_x \cdot \lg \gamma$$

Obecně pro kouli v radiálním řezu středem platí
funkční závislost:

$$\gamma = \sqrt{R^2 - x^2}$$

pak

$$\sigma_r = C - \sigma_x \cdot \lg \sqrt{R^2 - x^2}$$

Tečná složka napětí:

$$\sigma_r - \sigma_z = \sigma_x$$

$$\sigma_z = C - \sigma_x \cdot (\lg \gamma + 1)$$

nebo obecně pro kouli

$$\sigma_z = C - \sigma_x \cdot (\lg \sqrt{R^2 - x^2} + 1)$$

$$G_{\underline{2F}} = G_K - \frac{1}{C_{17}}$$

$$G_L = G_K$$

Oblast kulového vrchlíku je od části podrobené obrubování /hrdlo/ oddělena inflexním bodem 8. Pro něj platí:

$$y_1 = y$$

27-3

kde $y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x$ /přímka/ $\sin \alpha = \frac{29}{R+r_0}$

$$y_1 = \pm \sqrt{R^2 - x_1^2} \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,463$$

$$x = \pm R \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$$

$$x = 58,2 \text{ mm}$$

$$y = 26,3 \text{ mm}$$

Z rovnic křivek

$$y_1 = \pm \sqrt{R^2 - x_1^2}$$

$$y_2 = 29 - \sqrt{r_0^2 - x_2^2}$$

$$y_3 = 24$$

vypočítám pro vhodně volené x souřadnici y jak je zpracováno v tabulkách na str. 76, 77.

4.4.3. Výpočet napětí.

Integrační konstanty.

Z okrajových podmínek pro bod 1 musí platit:

$$\bar{\sigma}_r = 0$$

$$C = \bar{\sigma}_r \cdot \lg 58$$

Hodnotu integrační konstanty C_1 určím ze spojitosti průběhu napětí v inflexním bodě 8.

$$\frac{1}{C_1} = 5,490 \bar{\sigma}_r$$

Z těchto a předcházejících vztahů určím závislost $\bar{\sigma}_r$ a $\bar{\sigma}_t$ pro jednotlivé body tělesa v závislosti na $\bar{\sigma}_r$ /viz str. 76/.

Při tváření za tepla je pro každý bod $\bar{\sigma}_r$ konstantní /podmínka - stejná teplota a rychlost deformace/. Při tváření za studena dochází k různému stupni zpevnění, který se projevuje změnou $\bar{\sigma}_r$ po průřezu. V tabulkách str. 76 jsou zpracovány hodnoty "napětí", které je přepočítáno ze vztahu

$$\bar{\sigma}_r = \left| \frac{\bar{\sigma}_r}{\bar{\sigma}_k} \right| \cdot 100 \quad [\%]$$

Výpočet souřadnic a napětí.

Řez I - I					
bod	x	y	lg y	$\bar{\sigma}_r$	$\bar{\sigma}_t$

Výpočet souřadnic a napětí.

Řez I - I					
bod	x	y	lg y	$\bar{G}_r$	$\bar{G}_t$
1	27,2	58,0	6,3630	0	100
2	30,0	56,6	6,3386	2,44	97,60
3	35,0	53,6	6,2841	7,89	92,11
4	40,0	50,0	6,2146	14,84	85,16
5	45,0	45,6	6,1225	24,05	75,95
6	50,0	40,0	5,9915	37,15	62,85
7	55,0	33,9	5,8260	53,69	46,31
8	58,2	26,3	5,5721	79,09	20,99
9	62,0	20,0	5,5607	78,90	21,10
10	64,0	24,2	5,4889	71,00	29,00
11	66,0	24,0	5,4806	0,00	100
12	72,0	24,0	5,4806	0,00	100

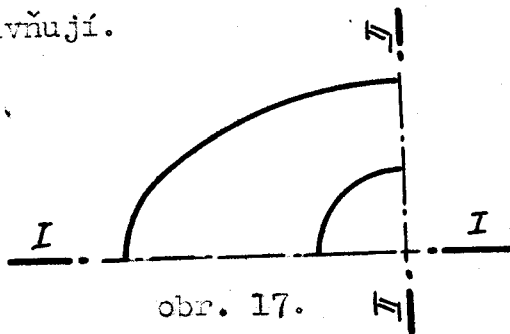
Výpočet souřadnic a napětí.

Řez II - II					
bod	x	y	lg y	$\bar{\sigma}_r$	$\bar{\sigma}_t$
1'	31	55,0	6,3099	0	100
2'	35	53,6	6,2841	2,58	97,42
3'	40	50,0	6,2146	9,53	90,47
4'	45	45,6	6,1225	18,74	81,26
5'	50	40,0	5,9915	30,84	69,16
6'	55	33,9	5,8260	48,39	51,61
7'	58	26,3	5,5721	73,78	26,22
8'	62	26,0	5,5607	74,92	25,08
9'	64	24,2	5,4889	21,31	79,71
10'	66	24,0	5,4806	0	100
11'	72	24,0	5,4806	0	100

Absolutní velikost napětí $\bar{\sigma}_r$ a $\bar{\sigma}_z$ nemohu stanovit, protože neznám závislost $\bar{\sigma}_\kappa = f / \epsilon /$. Z průběhu tvrdosti však mohu s určitou přibližností usuzovat na místo s největším zpevněním /největší $\bar{\sigma}_\kappa /$, kterým je okrajové vlákno obruby. Tam je také největší $\bar{\sigma}_z$ a tedy i pravděpodobnost vzniku křehkého lomu. Tuto domněnku při nevhodně volených parametrech obrubování /potvrzuji provedené zkoušky.

Při tváření za tepla je za jistých předpokladů $\bar{\sigma}_\kappa$ konstantní, takže není důvodu proč by se výsledná napětí v různých bodech měla lišit a tedy proč by došlo k trhlinám.

Hodnoty $\bar{\sigma}_r$ a $\bar{\sigma}_z$ zjišťuji pro dva na sebe kolmé řezy a předpokládám, že napětí se vzájemně neovlivňují.



obr. 17.

4.4.4. Zjištěné deformace při tváření kulového kloubu.

K podpoření předpokladů z předcházejících partií byly zjištěny deformace, které jsou zpracovány v následujících tabulkách a diagramech. Velikostí deformací tělesa jsem určoval měřením deformované sítě před tvářením na polotovar narysované. /foto 2/ Rovněž byla zjišťována podle schématu str. 79 zněna tloušťky.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

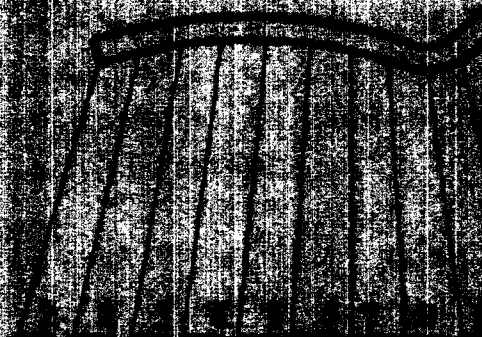


Fig. 5

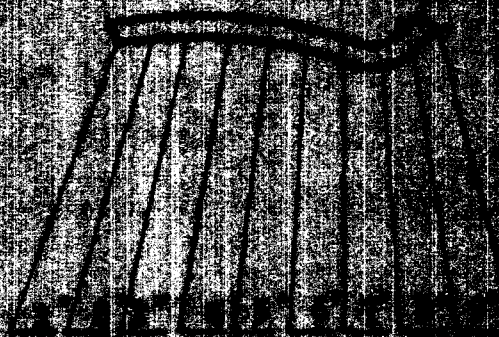


Fig. 6

Měření tloušťky.

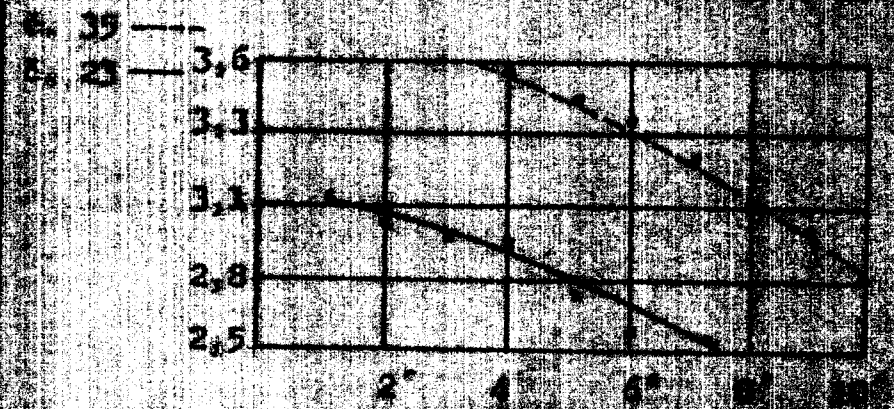
č.	4	12	23	35
	■	■	■	■
1	3,34	3,42	3,00	3,68
2	3,31	3,40	3,05	3,63
3	3,27	3,30	3,02	3,57
4	3,25	3,28	2,96	3,50
5	3,23	3,20	2,98	3,47
6	3,22	3,05	2,92	3,43
7	3,20	2,95	2,88	3,38
8	3,21	2,92	2,84	3,35
9	3,18	2,88	2,77	3,30
10	3,00	2,73	2,65	3,25
11	2,63	2,74	2,32	3,20

1'	3,47	3,32	3,12	3,85
2'	3,42	3,29	3,07	3,80
3'	3,42	3,23	2,93	3,68
4'	3,37	3,19	2,88	3,59
5'	3,28	3,17	2,75	3,45
6'	3,22	3,13	2,65	3,33
7'	3,15	3,07	2,45	3,21
8'	3,01	3,04	2,17	3,10
9'	2,77	3,01	2,01	3,03
10'	2,72	2,92	-	2,85

Z průběhu měření tloušťky vyplývá, že v bodech 10 a 11 dochází k nepřijatelnému zeslabení stěny.

100

3.6



VŠST LIBEREC

DP - 32 - 04

3. LISTOPADU 1962

St.

C.

Řez	I				I'			
bod	l_t	l_r	ε_t	ε_r	l_t	l_r	ε_t	ε_r
1	5,4	6,3	-10	5	5,7	6,2	-5	+3
2	5,8	6,4	-3	6	5,8	6,4	-3	+6
3	6,1	6,4	+2	6	6,0	6,4	0	+6
4	6,1	6,4	+2	6	6,1	6,4	6	+6
5	6,4	6,4	+6	6	6,3	6,2	5	+3
6	6,4	6,3	+6	5	6,5	6,2	8	0
7	6,4	5,8	+6	-3	6,6	5,8	10	-3
8	6,8	2,6	+13	-6	7,0	5,6	13	-6
9	6,9	2,5	+15	-16	7,9	2,6	33	-6
10	7,4	2,2	+23	-26	8,8	2,5	46	-16
11	8,6	2,0	43	-33	9,0	2,2	50	-26

Řez	II				II'			
bod	l_t	l_r	ε_t	ε_r	l_t	l_r	ε_t	ε_r
1	4,9	6,4	-20	+6	4,7	7,2	-21	+20
2	5,3	6,3	-11	+5	5,2	6,8	-13	+13
3	5,6	6,2	-6	+3	5,5	6,5	-8	+8
4	5,8	6,2	-3	+3	5,9	6,5	-1	+8
5	6,2	5,5	+3	-8	6,2	6,2	+3	+3
6	6,8	4,3	+13	-28	7,0	4,9	+16	-18
7	7,5	2,1	+25	-33	7,2	4,3	+20	-23
8	8,8	-	+46	-	8,4	-	+40	-

Tabulka 1. Výsledky měření v bodě 1. měření.

Tab. 1.

Řez	I				I'			
bod	l_t	l_r	ε_t	ε_r	l_t	l_r	ε_t	ε_r
1	5,6	6,3	-6	5	5,4	6,3	-10	5
2	5,8	6,3	-3	5	5,6	6,3	-6	+5
3	5,8	6,3	-3	5	5,9	6,2	-1	4
4	6,1	6,2	+1	4	6,0	6,2	0	4
5	6,1	6,2	+2	4	6,2	6,2	3	4
6	6,3	6,2	+5	4	6,3	6,2	5	+4
7	6,4	5,6	+6	-6	6,4	5,8	6	-3
8	6,6	2,6	10	-13	6,6	2,6	10	13
9	6,8	2,4	13	-20	6,8	2,4	13	20
10	7,2	2,2	20	-26	7,3	2,2	21	26
11	8,6	2,0	43	-33	8,2	2,0	36	33

Řez	II				II'			
bod	l_t	l_r	ε_t	ε_r	l_t	l_r	ε_t	ε_r
1	5,4	6,5	-10	8	5,2	6,8	-13	+13
2	5,4	6,5	-10	8	5,5	5,6	-8	-6
3	5,6	6,5	-6	8	6,0	5,4	0	-10
4	6,2	6,3	+3	5	6,0	5,2	0	-13
5	6,6	5,8	+10	-3	6,7	5,0	12	-16
6	6,7	5,1	+11	-15	6,7	2,2	12	-26
7	7,2	4,8	+20	-36	7,5	2,2	25	-26
8	7,6	-	+26	-	8,7	2,1	45	-28

Na závěr kapitoly 4. kde jsou shrnuty výsledky zkoušek a teoretických úvah o lisování plechu je možno říci asi tolik.

Při tváření za studena není možné klást další zvýšené požadavky na tažnost materiálu chceme-li mít zachovánu pevnost a nechceme-li zvyšovat cenu použitého druhu plechu. /Mimo to konstrukce podvozku trvá na oceli 11 428.1 a tvaru výlisku./ Při lisování nebylo použito žádné metody zvyšující koeficient tažení. /29//36/. Na konstrukci a provedení zkušebních nástrojů závada nebyla. Hlavní příčina neúspěchu tedy spočívá v nevhodném technologickém postupu.

U lisování za tepla nedojde k poruše souvislosti materiálu ani v místě obruby. Zato se tam velká deformace v tangenciálním směru projeví i zeslabením stěny. To má pak za následek, že je nutno zvětšit tloušťku výchozího materiálu na 3,5 mm a i tak se ještě nedosáhne požadované tloušťky v místě hrdla. Tomu se nelze vyhnout nechceme-li dále zvyšovat výrobní náklady a proto se jedná o připuštění slabší stěny /kooperace s MSR/.

Z toho tedy plyne, že tváření za tepla ve srovnání s tvářením za studena po technické stránce řeší výrobu součástí.

5.0.0. Posouzení technologického postupu lisování
vnitřního plechu zadní polonápravy za tepla.

Protože nebyla úspěšně zvládnuta technologie tváření za studena a nutnost výroby součástí v daném časovém termínu je nezbytnou skutečností, přistoupilo se k vypracování pozměněné technologie lisování za tepla i za cenu dočasných hospodářských ztrát.

Vhodnost nebo nevhodnost jednoho či druhého způsobu výroby je možno definitivně posoudit až po prozkoumání ekonomických parametrů. V tomto případě situaci značně ovlivní i skutečnost, že navrženým postupem pro lisování za studena se nepodařilo vyrobit ani jediný bezvadný kus.

Za úvahu stojí i otázka, zda je v tomto případě dostatečná záruka, že byly závodem vyzkoušeny všechny alternativy přicházející v úvahu pro lisování dílu za studena.

Na druhé straně ovšem při pohledu na problém z širšího hlediska není možné dívat se na tažení plechů za tepla jako na tvářečskou metodu vždy nevýhodnou. V některých speciálních odvětvích se využívá snížení tažné síly po ohřevu při výrobě tlustostěnných výlisků. Za tepla se táhnou také tenkostěnné ocelové výrobky zejména z materiálů obsahujících vyšší procento Cr /nevhodné mechanické vlastnosti pro tažení/ /23/. Běžné je tažení některých lehkých slitin přímým ohřevem příruby. Zde se využívá větší tažnosti materiálu, který je

v přírubě ohříván a vyšší pevnosti dosažené stykem s chladným průtažníkem v nebezpečném průřezu. Méně častý je tento způsob přímého ohřevu v nástroji u ocelového plechu, kde požadovaná teplota je značně vysoká. V tomto případě bývá obvykle výhodnější kombinace ohřevem od lisovadla a ohřev polotovaru v peci.

Nepřímý ohřev v peci jak bylo zvoleno v našem případě bude tvořit potíže s dodržením potřebného teplotního intervalu, protože lisovaná součást mající velký povrch a malou váhu odevzdává při práci teplo lisovacímu nástroji a okolí. Důsledek toho může být, že rekrystalisace neproběhne v celém průřezu, což se navenek může projevit částečným zpevněním a tedy i vnitřním pnutí. /9/ /10/

S ohřevem na kovací teplotu v nechráněné atmosféře souvisí i vznik okují. Ty tvoří kyslíčníky FeO , Fe_3O_4 a Fe_2O_3 , které jsou za pracovní teploty tvrdé a svými účinky kladou zvláštní požadavky na materiály nástrojů a nepříznivě tedy působí na jejich životnost. Mimo to zde dochází zpravidla k nenávratným ztrátám kovu.

Výhoda snížení potřebné síly pro vlastní tažení nemá v našem případě velký význam, protože zvolené tvářecí stroje jsou dimensovány pro silově nejnáročnější výlisek ze skupiny výrobků na nich zpracovávaných. Tím náš výlisek ovšem není. Jistá úspora energie při vlastním lisování je mnohonásobně vyčerpána energií potřebnou pro ohřev polotovaru. Navíc zde přistupuje, jak již bylo zmíněno, potřeba investic na ohřev.

5.1.0. Poznámky k jednotlivým operacím postupu pro tváření za tepla.

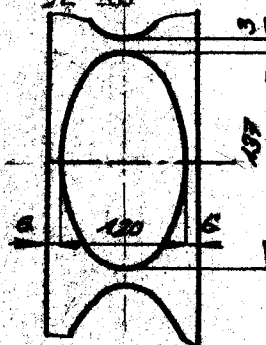
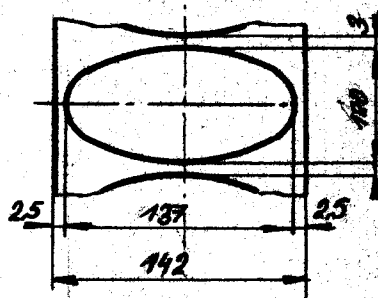
5.1.1. Příprava materiálu.

Navržený technologický postup výroby vnitřního kloubového plechu zadní polonápravy tvářením za tepla vychází v operaci 05 ze stejného pašu 3 x 132 x 2000 mm jako při tváření za studena. V tomto případě by změnou nástřihového plánu bylo možno dosáhnout značných úspor materiálu. /1/

Nový 112 ks

Starý 92 ks

úspora 8,6% mat.



obr. 19.

5.1.2. Prostřihování.

Na výstředníkovém listu má být v postupevém prostřihovadle vystřihnout otvor $\varnothing 20$ mm a v dalším nástroji pak obvodový tvar.

Kontrola volby stroje.

$$P_s = P_{s1} + P_{s2}$$

$$= 1,3 \cdot O_1 + O_2 \cdot s \cdot \tau_p$$

$$= 1,3 \cdot 405 + 62,8 \cdot 3,5 \cdot 36$$

$$P_s = 77\,000 \text{ kg}$$

$$O_1 = 405 \text{ mm}$$

$$O_2 = 62,8$$

$$s = 3,5$$

$$\tau_p = 36 \text{ kg/mm}^2$$

Při výpočtu střížné síly jsem vycházel z nejnepříznivějšího případu, kdy by nástroj prováděl oba úkony najednou /prostřížení otvoru a vystřížení obvodového tvaru/. Počítám také s tím, že bude nutno použít plechu 3,5 mm tlustého, jak jsem vysvětlil v předcházejících kapitolách. Hodnotu střížné pevnosti jsem zjistil v literatuře /1/.

Z výpočtu vyplývá, že zvolený lis o maximálním tlaku 160 t je pro danou operaci zbytečně bohatě dimensován.

5.1.3. Ohřev polotovarů.

Z jakých důvodů a jaké následky v dobrém i špatném slova smyslu má ohřev materiálu před tvářením bylo již řečeno. Abychom však výsledek ohřevu co nejpríznivěji ovlivnili je třeba dodržovat určité zásady.

Prvním předpokladem úspěšné práce je stejnoměrné ohřátí materiálu a z toho vyplývající požadavek na vhodné uložení polotovaru v ohřívacím zařízení. Jinak je nebezpečí, že podle zákona nejmenšího odporu /2.1.3./ dojde k vytvoření nestejně tloušťky stěny. K tomu může dojít také nevhodnou manipulací s ohřátým kovem na cestě z pece do nástroje.

Náš zájem musí být ovšem soustředěn i na snahy směřující k co nejmenšímu okujení ohřívajícího materiálu. Tento zvláštní způsob okysličování je mimo jiné také funkcí času. Z toho vyplývá snaha provádět ohřev co nejrychleji

a na vysoké teplotě udržovat kov co možná nejkratší dobu. Nesmíme však při tom zapomínat na skutečnost, že přeměna modifikace jakožto difusní jev je také závislá na době. Přípustná rychlost ohřevu je také omezena tepelnou a teplovodivostí materiálu, která je závislá na chemickém složení, struktuře a okamžité teplotě. Čím rychlejší je tedy ohřev, tím větší jsou tepelná pnutí, ale tím tenčí budou vrstvy okují. Mimo to /dle literatury č. 7/ rychlostní ohřev příznivě ovlivní plasticitu.

Množství a rychlost tvoření okují závisí na chemickém složení oceli, výši a době ohřevu a na agresivnosti atmosféry pece. Z toho tedy vyplývá, že cesty směřující u daného druhu ocele k snížení množství okují vedou v zásadě třemi směry. /Okujení závisí na kvalitě povrchu/

- 1/ rychlostní způsoby ohřevu
- 2/ ovlivnění atmosféry pece
- 3/ přímá ochrana polotovaru nanášenými vrstvami /26/

Z uvedených způsobů ohřevu považují za nejvýhodnější elektrický indukční ohřev, který přináší tyto důležité výhody:

- a/ ztráty okujením jsou minimální
- b/ možnost místního ohřevu
- c/ celkový čas ohřevu kratší
- d/ možnost zařazení do automatického cyklu
- e/ čistý provoz
- f/ zvýšená bezpečnost práce

Při aplikaci tohoto způsobu ohřevu by vel-

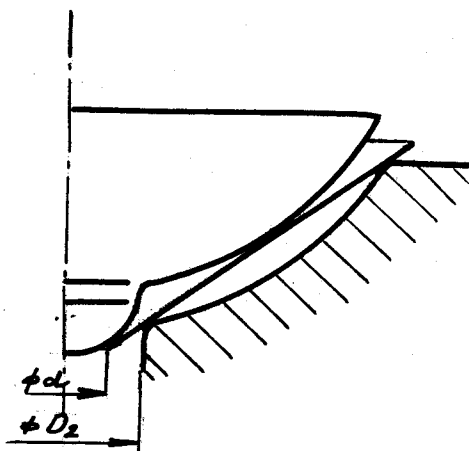
ni dobře působila možnost místního ohřevu na tažnost nejnáročnější oblast výlisku. Z literárních údajů /8,21/ vyplývá, že by v našem případě bylo pro ohřev potřeba proudu o frekvenci 3000 Hz při kusovém čase 0,75'. To znamená, že zařízení by při plné výrobě bylo využito ve dvou směnách. Vzniklá pnutí by u materiálu 11 428 nebyla nebezpečná. /Přibližně ověřeno při místním ohřevu plamenem./

Navržený technologický postup požaduje regulaci teploty ohřívacího zařízení jen v hrubých mezích, o čímž lze souhlasit, protože po vyjmutí z pece se polotovar ochladí více či méně, podle toho jak dlouho trvá cesta k nástroji a jaké jsou tepelné poměry ve styku nástroj- materiál.

5.1.4. Vylisování tvaru kulového kloubu /op.15/.

Na lisu o maximálním tlaku 400 t má být za tepla na jeden zdvih vytvořen celý kloub. Domnívám se, že by pro tuto práci stačil daleko slabší stroj, a možnost toho chci ověřit výpočtem. Zde mě bude zajímat pouze maximální síla, která při tažení vznikne. K tomu potřebuji znát průběh jednotlivých etap přetvoření, které probíhají asi následujícím způsobem.

V první fázi se materiál působením obrubovací části nástroje, která se snaží vniknout do předem vystřiženého otvoru $\varnothing 20$ prohne, až dosedne na spodní část lisovacího nástroje. Síla na takovou deformaci je menší, než síla potřebná k vlastnímu obrubování /to jsem si plně ověřil při zkouškách/. /obr. 20./



obr. 20.

Neprve nyní dojde k vlastnímu obrubování a vytvoření kulového vrchlíku. / Vliv konstrukce nástroje. / Protože neznám průběh obrubovací síly P_0 , předpokládám vznik nejnepříznivějšího případu, totiž že síla P_0 nabývá své maximální hodnoty zároveň se silou potřebnou pro vytvoření kulového vrchlíku / P_t /.

$$P_0 = 1,2 \cdot \pi \cdot s \cdot \sigma_k / D_2 - d_2 / \quad /1/, /3/$$

$$= 1,2 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 5 / 42 - 20 /$$

$$P_0 = 1450 \text{ kg}$$

$$s = 3,5 \text{ mm}$$

$$\sigma_k = 5 \text{ kg/mm}^2$$

$$D_2 = 42 \text{ mm}$$

$$d_2 = 20 \text{ mm}$$

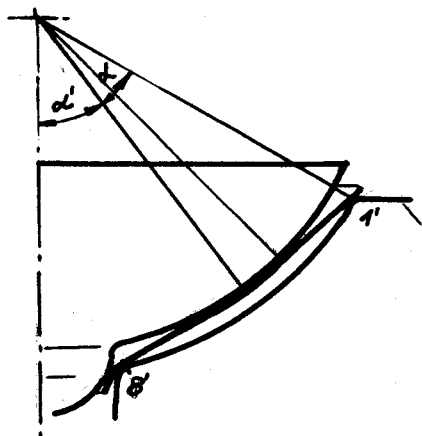
Sílu P_t určím z literatury /22/ uváděného vztahu aplikovaného na náš případ ve tvaru:

$$P_t = 2 \left[\frac{\sigma_k \cdot s^2 \cdot \pi \cdot R \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha^2}{2/R + r_0 + h_0 / -2/R + r_0 / \sin \alpha} + \frac{2/r^2 - r_1^2 / \pi \cdot s \cdot \sigma_k}{2r_1 + /r - r_1 / \cos \alpha} / \cos \alpha + \sin \alpha \right] \cos \alpha^2$$

$$P_t = 1060 \text{ kg}$$

Hodnoty, které byly dosazeny při výpočtu P_1 .

Vztah pro sílu P_t nabývá svého maxima v bodě 1' / analytické řešení / pro úhel $\alpha = 21^\circ$



$$tg \alpha = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{2R}$$

$$= 0,331$$

$$\alpha = 21^\circ$$

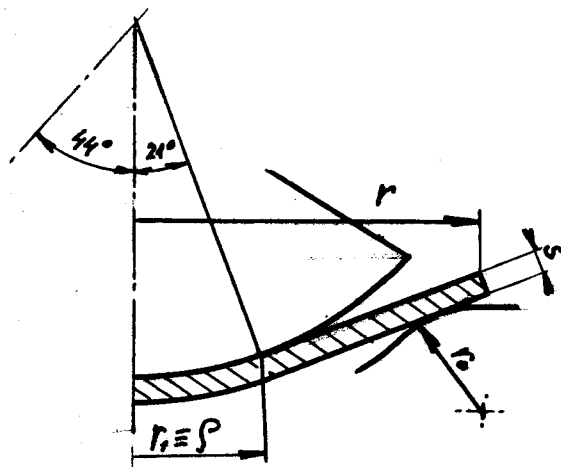
$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{x_8' - x_1'}{y_1' - y_8'}$$

$$= 0.979.$$

$\alpha' = 44^{\circ} 50'$

obr. 21.

Význam následujících symbolů je patrný z obr.22 a jejich hodnoty byly určeny z nástroje./příloha 7/



32 2017

$$r_0 = 5 \text{ mm}$$

$r_1 = 20 \text{ mm}$

22 2000

$$R = 54 \text{ mm}$$

$$h_c = 0$$

$$e = 3,5 \text{ cm}$$

$$\mu = 0,2 \text{ /tření/}$$

$$\sigma_s = 10 \text{ kg/mm}^2 / \text{zvo}$$

leno/

/ kov chladne/

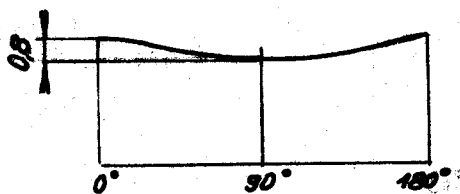
obr. 22.

Celková maximální síla, která vznikne při tváření kulového kloubu za tepla je 3310 kg. Tím je dána případná možnost použití slabšího lisu.

Vzhledem k enormnímu zeslabení stěny výlisku ke kterému dochází v hrdle, kloubu /str.80/ byla navržena změna tloušťky výchozího materiálu z 3 mm na 3,5 mm. Její schválení je téměř jisté a proto

ve všech výpočtech pro tváření za tepla počítán $s = 3,5$ mm. Zvětšení tloušťky výchozího plechu vede k zvýšení spotřeby materiálu ročně v průměru o 8000 kg / 12000 Kčs/. Přebytečný materiál se bude muset třískově obrobit, nebo v případě změny konstrukčního výkresu tržku zvýší váhu vozu.

U výlisku dochází v důsledku nesymetričnosti kulového vrchlíku ke vzniku nestejně výšky, /jak je patrné z obr. 23., foto 11/ hrany hrdla.



obráz. 23.



foto 11

V současné době se počítá s tím, že tato vada bude odstraněna v operaci 35. Přímému zabránění vzniku by bylo možné konstrukční úpravou obrubovacího trnu, který by pak nebyl rotačním tělesem.

5.1.5. Normalizační žihání.

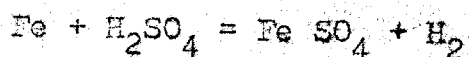
Úkolem normalizačního žihání je získat v celém výlisku rovnoměrnou strukturu a odstranit náledky nestejně tváření. Ta část ohřátého kovu, která se na delší dobu dostane do styku s ochlazeným lisovacím /ale i kliččím/ seevzhledem k malé hmotě rychle ochladí. Tak se může stát, že v některých částech je kov tvářen neúplně za tepla se všemi důsledky z toho plynoucími. Ty tedy odstraníme ohřátím o 30 až 50 °C nad A_{c3} po kterém za určitou dobu následuje rovnoměrné chladnutí na klidném vzduchu. Normalizační žihání je při sériové výrobě nutné z hlediska zajištění stejných

vlastností všech výrobků. Případná zbytková prnutí by mohla způsobit po odebrání určité vrstvy třískovým obráběním dodatečně nežádoucí deformace.

5.1.6. Moření a neutralisace.

V pecích je zpravidla parciální tlak plynů jako O_2 , CO_2 a SO_2 vyšší než je pro rovnováhu třeba, takže prostředí se stává okysličujícím. Při odstraňování okují z povrchu oceli se bude v AZNP pracovat s H_2SO_4 /doposud se používá méně výkonné HCl /.

Mechanismus moření probíhá tak, že kyslíčníky se převádějí v soli železa za současného rozpouštění Fe podle rovnice:



Vznikající H_2 tvoří na povrchu obnaženého kovu malé bublinky, které svým tlakem odtrhávají okuje. Tento druhý způsob převládá nad vlastním chemickým rozpouštěním.

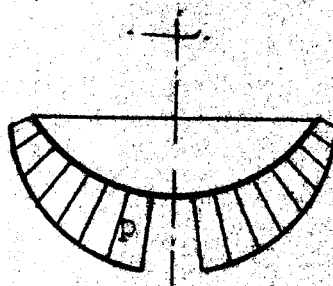
Tvoření H_2 má však řadu nevýhod, které je nutno omezovat. Jinak by nastaly značné ztráty kovu i kyseliny. Mimo to H_2 způsobuje řadu charakteristických vad materiálů zvláště citlivých. Vliv vodíku lze zmenšit zkrácením doby moření /difuze/ a předchozím odstraněním mřížkových poruch /žihání/. Příznivě by působilo, kdyby i v mořárně AZNP bylo zavedeno použití inhibitorů.

Na trvání mořicího pochodu má příznivý vliv i vyšší teplota lázně. Doba 20 min. je podle literatury /14//15//16/ pro navrhouvanou teplotu a koncentraci příliš dlouhá. Oplach vodou je v uvažovaném provozu mořírny nesprávně prováděn.

5.1:7. Kalibrace.

Na lisu LU 1600 má být provedena rovinná kalibrace, jejímž úkolem je dosažení přesných rozměrů a hladkosti povrchu. /Od této operace jsem byl nucen při zkouškách upustit, protože nebyl uvolněn potřebný lis. Pro potřebná měření jsem použil výlisek č. 4 vyrobený v celém rozsahu podle postupu pracovníky AZNP./

Rozložení tlaků při rovinné kalibraci kulového tělesa bude v našem případě asi následující:



hrdlo není
kalibrací
zasaženo

obr. 24.

Průběhu tlaků bude odpovídat i změna tloušťky, takže úkol kalibrace se omezí jen na případnou opravu geometrického tvaru koule.

Zarovnání čelní hrany hrdla na vrtačce je po tváření za tepla nutné, protože dochází ke vzniku nestejně výšky obruby, což je v rozporu s požadavky pro svařování.

6.0.0. Ekonomické hodnocení.

Při řešení úkolů rozvinuté socialistické výroby má velký a často i rozhodující význam uplatnění přísného režimu hospodárnosti. Tak se stane, že pro určení vhodnosti jednoho, či druhého způsobu výroby je základem ekonomický rozbor. /10/35/

Předem nutno podotknout, že některé hodnoty, jichž bylo použito jako ekonomických podkladů jsou pouze ústní údaje pracovníků závodu. Vzhledem k tomu, že v našem případě jde o zatím nezavedenou výrobu jsou jednotlivé práce klasifikovány podle mzdových tarifi. Jejich ověření je možné až v procesu výroby rozborově průzkumnou metodou. Kromě některá výrobní zařízení nejsou dosud vyrobena, takže bylo nutno použít cenových údajů jak byly plánovány předkalkulací. Je třeba pamatovat také na to, že uvažované velkoobchodní ceny použitých strojů platí pouze do 31.12.1963.

Ekonomický rozbor jsem provedl pro oba navržené výrobní způsoby, bez ohledu na jejich technickou použitelnost. Dělam tak proto, aby bylo možné z hospodářského hlediska vyjádřit případnou nutnost technicky se dále zabývat lisováním výrobku za studena, tedy problémem, který závod velmi zajímá. V mém ekonomickém rozboru nejde o vyjádření absolutní výše nákladů, ale pouze o vyjádření rozdílu, který vzniká použitím tváření za tepla místo původně uvažovaného tváření za studena. S tím souvisí i způsob, jakým je ekonomický rozbor proveden. Bylo by totiž zbytečné v tomto případě propočítávat náklady u operací, které jsou v obou případech shodné a v rozdílu by se stejně vzájemně anulovaly.

Důležité je snad i upozornění, že významy jednotlivých ve vzorcích použitých obecných symbolů jsou uvedeny na str. 7. Snažil jsem se používat znaků, které jsou ustáleny na VŠST.

6.0.1. Výpočet časových fondů.

1/ Nominální časový fond.

Předpokládám 318 pracovních dnů v roce./12dov/

$$T_n = 318 \times 8 \times \frac{48}{48} - 12 \times 8 \times \frac{48}{48} = 2274 \text{ hod.}$$

2/ Využitelný časový fond.

Koeficient využitelnosti při 8 % plánovaných prostojů

$$k_t = 1 - \frac{8}{100} = 0,92$$

$$T_e = T_n \times k_t = 2274 \times 0,92 = 2090 \text{ hod. 1 směna}$$

6.0.2. Plánované výrobní úkoly AZNP na léta 1964 - 1970.

Rok	vozů 10^3	K'	K
1964	46,5	93,8	97,8
1965	90,6	181,3	109,2
1966	115,0	230,0	241,0
1967	115,0	230,0	241,0
1968	115,0	230,0	241,0
1969	115,0	230,0	241,0
1970	115,0	230,0	241,0

6.1.0. Ekonomické hodnocení tváření za studena.

Výchozí zjištěné hodnoty a vztahy pro vl.náklady.

Op.	t_p	t_k	M_s	T	C_s	C_n	δ'_s
05	10'	0,02'	1,8	3	49,0	-	11,0
10	40'	0,14'	12,0	4	82,4	10	9,3
15	37'	0,144'	11,3	3	48,3	7	9,2
20	37'	0,212'	16,6	3	41,6	4	9,2
25	40'	0,314'	30,2	4	123,0	10	9,5
30	60'	0,514'	40,2	4	530,0	10	8,0
31	-	0,100'	7,8	4	-	14	-

Při určování výrobních nákladů připadajících na 1000 kusů výrobků jsem uvažoval tyto položky:

- | | |
|----------------------------------|-------|
| 1/ Jednicové masy | M_s |
| 2/ Cenu materiálu | C_m |
| 3/ Podíl odpisu strojů | O_s |
| 4/ Amortisaci nákladů na nástroj | O_n |
| 5/ Sociální režii | R_s |
| 6/ Celopodnikovou režii | R_c |
| 7/ Zbytkový podíl dílenské režie | R_d |
| 8/ Cenu energie | C_e |

Pro výpočet jednotlivých položek jsem si sestavil následující vzorečky:

$$O_s = C_s \cdot \frac{O'_s}{100} \cdot \frac{K_v \cdot l}{K \cdot 100}$$

$$K_v = T_s \cdot \frac{100}{T_e \cdot s_n}$$

$$T_s = t_k \cdot K + t_k \cdot K \cdot s_n \cdot t_p / s_n / 480 - t_p$$

$$C_s = C_s \cdot \frac{O'_s \cdot t_k / 1 + \frac{t_p}{480 - t_p}}{10^2 \cdot T_e \cdot s_n}$$

6,1.1. Podíl odpisů strojů

Lis	Rok	Kv	O _s	Ts
LE 160	1964	6	10,9	250
LE 160	1965	11,6	5,6	485
LE 160	1966-70	14,7	4,44	612
LENP-63	1964	6,2	7,0	252
LENP-63	1965	12,0	3,5	495
LENP-63	1966-70	15,0	2,78	628
LEN-63	1964	9,0	8,5	371
LEN-63	1965	17,5	4,5	726
LEN-63	1966-70	22,0	3,5	914
LE 250	1964	13,4	40,0	512
LE 250	1965	26,5	20,1	1000
LE 250	1966-70	33,2	16,2	1290
LU 1600	1964	15,3	157,0	960
LU 1600	1965	29,8	80,8	1860
LU 1600	1966-70	37,7	65,0	2350

Předpokládám, že lisy pracují ve dvou směnách. U lisu LU 1600 počítám s třemi směnami za den.

op.	O _s 1964	O _s 1965	O _s 1966-70
10	10,9	5,6	4,4
15	7,0	3,5	2,8
20	8,5	4,5	3,5
25	40,0	20,1	16,2
30	157,0	80,8	65,0
Σ	223,4	114,5	91,9

K_v různé, protože stroje v 1964-65 nejsou využity.

6.1.2. Podíl nákladů na nástroje.

op.	Z	O	C _{on}	O _n
10	200	9	1,8	59,0
15	400	10	2,0	22,5
20	150	4	8,0	32,1
25	250	8	1,6	46,4
30	300	10	2,0	40,0
31	200	4	8,0	74,0

Určení životnosti jednotlivých typů nástrojů je značně problematické, stejně jako stanovení nákladů na jejich opravu. Vycházel jsem z literatury /1//3//20/.

$$O_n = \frac{C_n + C_{on}}{Z}$$

6.1.3. Spotřeba energie. /5/

op.	Stroj	N	T _s ''	C _e
10	IE 160	12	2,54	1,83
15	LENP-62	4,4	2,61	0,70
20	LEN-63p	4,4	3,79	1,00
25	IE - 250	17	5,26	4,92
30	LU 1600	82	9,75	47,8

Při výpočtu uvažuji cenu 1 kwh = 0,12 Kčs. Předpokládám, že stroje budou svůj jmenovitý výkon po dobu svého pracovního chodu v průměru odebírat na 50 % / $\eta = 0,5$ /.

Vycházel jsem ze vztahu:

$$C_e = N \cdot 0,12 \cdot T_s'' \cdot 0,5$$

6.1.4. Cena materiálu.

Tabule	3 x 2000 x 1000
Váha	47 kg
Cena 1 kg	1,6 Kčs
Kusů z tab.	98
C_m	766 Kčs

6.1.5. Režie.

Sociální režie:

Složení	národní pojištění	10 % M_s
	dovolená	7 % M_s
		<u>17 % M_s</u>

Celopodniková režie:

Zjištěno dle současného stavu 95 % M_s
 Zbytkový podíl dílenské režie.

Z rozboru díl. režie v lisovně AZNP
 jsem zjistil, že zbývající část režie
 dílny /seřizovači atd./ je 250 % M_s

op.	R_s	R_c	R_d
10	2,10	11,4	30
15	1,92	10,7	28
20	2,82	15,8	41
25	5,14	28,7	76
30	6,85	38,2	102
31	1,32	7,8	20,0
Σ	20,05	114,5	301

6.1.6. Celkově vynaložené náklady na 1000 kusů v jednotlivých letech při tváření za studena.

-	1964	1965	1966-70
M_s	120,5	120,5	120,5
R_s	20,0	20,0	20,0
R_o	114,5	114,5	114,5
R_d	306,1	306,1	306,1
O_s	223,4	114,5	91,9
O_d	274,0	274,0	274,0
C_s	56,2	56,2	56,2
C_d	766,0	766,0	766,0
Σ	1875,0	1766,7	1744,0

6.2.0. Ekonomické hodnocení tváření za tepla.

Výchozí zjištěné hodnoty a vztahy pro vl. náklady.

Tváření za tepla							
σ_p	t_p	t_k	M_s	T	C_s	C_n	O_s
10	60	0,14	12,5	4	82,4	10	9,3
15	60	0,40	96,0	5	231,6	11	9,2
15	-	-	-	-	16,0	-	10,0
20	-	0,13	23,0	5	22,5	-	9,0
25	-	0,13	14,9	5	12,0	-	11,0
30	60	0,26	24,0	3	530,0	14	8,0

Při určování nákladů připadajících na 1000 ks vylisků jsem vycházel ze stejných zásad jako při výpočtu výrobních nákladů u tváření za studena.

6.2.1. Podíl odpisu strojů.

Lis	Rok	Kv	Q_0	T_B
LE 160	1964	6,4	12,1	265
LE 160	1965	12,4	6,3	508
LE 160	1966-70	15,7	5,0	642
LUK 400	1964	10,6	83,0	664
LUK 400	1965	20,7	42,6	1290
LUK 400	1966-70	26,2	33,6	1631
oh. pec	1964	10,6	4,3	664
oh. pec	1965	20,7	2,2	1290
oh. pec	1966-70	26,2	1,7	1631
žih. pec	1964	5,1	2,65	213
žih. pec	1965	10,0	1,36	415
žih. pec	1966-70	12,6	1,08	522
moř. vana	1964	5,1	3,40	213
moř. vana	1965	10,0	1,76	415
moř. vana	1966-70	12,6	1,40	522
LU 1600	1964	8,0	63,5	500
LU 1600	1965	15,0	21,5	940
LU 1600	1966-70	19,0	32,8	1190

6.2.1. Podíl nákladů na stroje

op.	1964	1965	1966-70
10	12,1	6,3	5,0
15	83,0	42,6	33,6
	4,3	2,2	1,7
20	2,6	1,4	1,0
25	3,4	1,6	1,4
30	63,0	41,5	32,8
Σ	168,4	95,6	73,7

6.2.2. Podíl nákladů na nástroje.

op.	Z	O	C _{op}	O _n
10	200	9	1,8	59
15	300	10	2,0	43
30	200	10	1,8	74

6.2.3. Spotřeba energie.

op.	Stroj	N	T _s	C _e
10	LE 160	12	2,65	1,9
15	LUK 400	36	6,75	14,5
15	pec oh.	15	6,75	6,1
20	pec žih.	70	2,17	9,1
30	LU 1600	82	4,95	24,4

6.2.4. Cena materiálu.

Tabule	3,5x2000x1000 mm
Váha	55 kg
Cena 1 kg	1,60 Kčs
Kusů z tabule	98
C_m	896 Kčs

6.2.5. Režie.

op.	R_S	R_C	R_B
10	2,10	11,4	31,2
15	15,3	47,5	125,0
20	4,1	14,2	75,0
25	2,5	12,6	67,0
30	4,1	22,8	60,0
Σ	19,6	109,0	333,7

Sociální režie

17 % M_S

Celopodniková režie .

95 % M_S

Zbytkový podíl díl. režie :.

lisovna

250 % M_S

kalárna

500 % M_S

mořárna

500 % M_S

6.2.6. Celkově vynaložené náklady na 1000 ks při tváření
za tepla

-	1964	1965	1966-70
M_s	114,8	114,8	114,8
R_s	19,6	19,6	19,6
R_c	109,0	109,0	109,0
R_d	333,3	333,3	333,3
O_s	168,4	95,6	73,9
O_u	167,0	167,0	167,0
C_e	56,0	56,0	56,0
C_u	896,0	896,0	896,0
Σ	1858,0	1791,2	1769,3

6.3.0. Srovnání vynaložených nákladů pro uvažované ope-
race obou technologií.

rok	1964	1965	1966-70
za studena	1875	1766,7	1744,0
za tepla	1858	1791,2	1769,3
rozdíl v Kčs	17	-24,5	-25,3

Ze srovnání vyplývá, že v prvním roce vý-
roby by bylo tváření za tepla lacinější o 17 Kčs
na 1000 kusech. V dalších letech se pak jeví vý-
hodnější tváření za studena.

Mám-li však posuzovat hospodárnou výrobu
nějaké součásti nelze se omezit na pouhé dva
způsoby z nichž jeden není realizovatelný ani
po technické stránce. Jiným kritériem při po-

suzování výrobních způsobů je doba návratnosti vynaložených investic. K tomu potřebuji znát výrobní náklady dílu, investiční náklady na zavedení výroby a plánovanou SVC.

Určení výrobních nákladů pro dosud neuvažované operace.

op.	M_s	R
5	1,8	5,3
35	45	225
40	95	330
45	76	230
55	8	24
Σ	225,8	814,3

Celkové výrobní náklady na 1000 kusů pak budou pro rok 1965 /průměrná výroba/ 2830 Kčs. Plánovaná SVC je 3300 Kčs.

Určení podnětných nákladů.

op.	C_s	C'_s
5	48	5,4
10	82	12,5
15	231	60
15	16	4,1
20	22	2,6
25	12	1,4
30	530	100,2
35	19	19
40	81	81
		286,2

$$C'_s = C_s \cdot \frac{K_v}{100}$$

6.4.0. Celkový ekonomický závěr.

Spotřeba nástrojů za čtyři roky	100 000 Kčs
Náklady na záběh zařízení	50 000 "
Celkové investice pak je	436 000 "

Zisk podniku na 1000 ks 470 "

Úhrada nastane po výrobě:

$436\,000 : 0,47 = 928\,000$ kusů totje mezi
čtvrtým a pátým rokem výroby.

Celostátně je považována za ještě přijatelnou
bez návratnost do 3-4 let. AZNP vzhledem k spe-
cifickým podmínkám závodu připouští dobu návrat-
nosti 5 let.

Závěr z toho plynoucí tedy říká, že je
možné po ekonomické stránce lisování za tepla
připustit.

7.0.0. Závěr.

Z ekonomického rozboru jasně vyplývá za jakých okolností je výroba vnitřního kulového kloubu zadní polonápravy přijatelná lisováním za tepla. Neméně závažná je skutečnost, že z hlediska okamžitých potřeb závodu /termíny realizace technologických projektů/ je tváření za tepla při výrobě kulového kloubu jedinou přijatelnou technologií /časové fondy na ověřování různých variant postupů jsou vyčerpány/.

Technický rozvoj však ani zde nesmí stagnovat. Domnívám se, že vzhledem k nesporným výhodám lisování plechu za studena je zde potřeba dále se touto otázkou zabývat i když poněkud v jiné formě. Jednou z cest, která by mohla v pozdějších letech přinést řešení v tomto smyslu je i následující náznak postupu:

- 1/ Z pasu 3.155.2000 v postupovém nástroji
 - a/ vylisovat kalíšek $\varnothing 42$ do hloubky 14, nástroj s přídržovačem; plech z jedné strany fosfátován /případně/
 - b/ vystříhnout obrys tvaru
- 2/ Vylisovat kouli /odkládat na palety/
- 3/ Bruska BUA 31
 - a/ tvarové broušení koule
 - b/ s využitím příčavného vřetene kotoučovou frézou /pilkou/ b = 1 mm uříznout v potřebném místě dno kalíšku
- 4/ Srazit hrany
- 5/ Celková kontrola

Spotřeba materiálu bude stejná jako u původně navrhovaného lisování za studena. V závodě se mi však nepodařilo tento postup prové-

VŠST LIBEREC

DP- ST - 84

3. LISTOPADU 1962

str.

111

řít /rozhodnutím vedení podniku zastaveny dal-
ší zkoušky lisování za studena/ /34/.

V Liberci 3.listopadu 1962

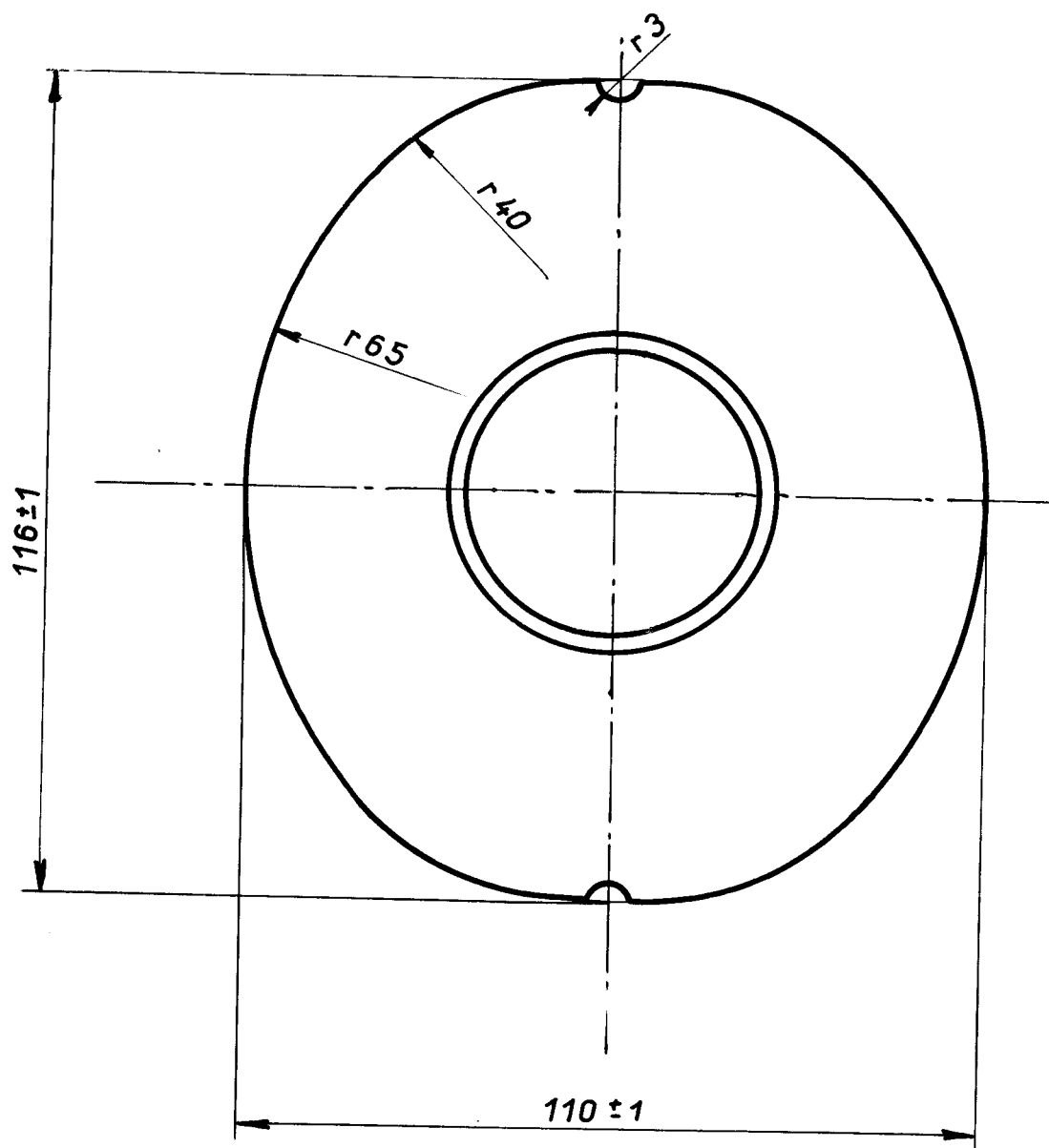
Jr. Jurek

8.0.0. Seznam použité literatury.

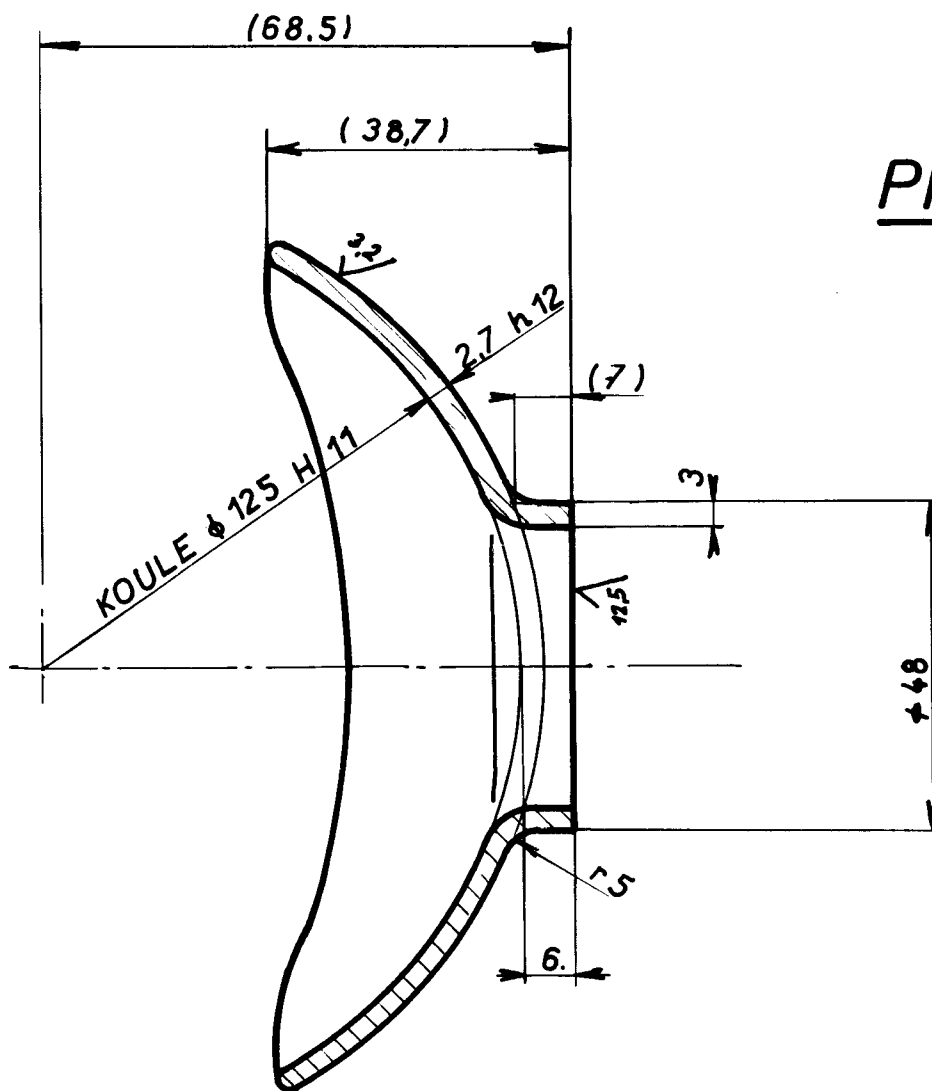
- 1/ V.P.Romanovskij : Příručka pro lisování za studena.
- 2/ V.Hašek : Tváření kovů za studena.
- 3/ J.M.Zubcov : Lisování.
- 4/ V.Jareš : Metalografie ocele.
- 5/ V.Jareš : Metalografie neželezných kovů.
- 6/ MTS : Katalog tvářecích strojů.
- 7/ R.Suchopárek : Základy zápustkového kování oceli.
- 8/ S.Ključnikov : Přesné kování v zápustkách.
- 9/ F.Primus : Kovárenství I.
- 10/ F.Primus : Kovárenství II.
- 11/ A.Beneš : Technologie svařování.
- 12/ B.Plíva : Svařování I.
- 13/ A.N.Brjuchanov : Zápustkové kování II, III.
- 14/ O.Bártl : Technologie chemických a elektrochemických povrchových úprav.
- 15/ M.Jaroš : Moření.
- 16/ S.I.Gubkin : Asnovy teorii abraťotki metallov davlenijem.
- 17/ P.Ryš : Mechanická technologie.
- 18/ J.Řezníček : Ekonomika československého průmyslu.
- 19/ V.D.Toplenov : Vaprosy teorii vytjažki dětalej složnoj formy.
- 20/ Z.Kejval : Tváření plechu III.
- 21/ Stivín : Indukční ohřev I.
- 22/ A.Geleji : Výpočet sil a spotřeby energie při tváření kovů.
- 23/ - : Mašinostojenie 1958.

R_s	Sociální režie	$K\check{s}/10^3$ ks
s	Tloušťka plechu	mm
s_n	Počet směn za den	
T	Kvalifikační třída	
T_e	Využitelný časový fond	hod
T_n	Nominální časový fond	hod
T_s	Čas po který je stroj během roku obsazen pro danou operaci	hod
T''_s	Čas, který stroj potřebuje k výrobě 1000 ks	hod
t_p	Čas přípravy stroje na jednu směnu	min
t_k	Kusový čas	min
x	Souřadnice	
y	Souřadnice	
Z	Životnost nástroje	10^3 ks
Δl	Celkové prodloužení dílku	mm
ϵ	Poměrné prodloužení	%
Z	Součet položek	
μ	Součinitel tření	
σ_p	Střížná pevnost	kg/mm^2
σ_k	Mez kluzu	kg/mm^2
σ_t	Tečné napětí / hlavní napětí v tečném směru	kg/mm^2
σ'_t	Tečné napětí vztaženo na mez kluzu	%
σ_r	Radiální napětí / hlavní napětí /	kg/mm^2
σ'_r	Radiální napětí vztaženo na mez kluzu	%
σ	Težnost	%
MTS	Ministerstvo těžkého strojírenství	
RP	Rudé právo	
SVC	Státní velkoobchodní cena	
TR	Technická rada	
u_1	Úhlopříčka vtisku	10^3 mm
u_2	Úhlopříčka vtisku	10^3 mm
u_s	Střední délka úhlopříčky vtisku	10^3 mm
P'	Počet pracovníků na operaci	
H_{na}	Střední aritmetická drsnost	10^3 mm

- | | |
|---------------|---|
| 24/ M.Kořínek | : Přednášky z tváření na
VŠST 1961. |
| 25/ - | : ČSN 41 1321
41 1378
42 0109 |
| 26/ - | : Strojírenství 1958 č. 7 |
| 27/ - | : Strojírenství 1957 č. 12
č. 1. |
| 28/ - | : Strojírenství 1958 č. 12 |
| 29/ - | : Strojírenství 1959 č. 4 |
| 30/ - | : Sheet Metal 1960 - 6 |
| 31/ J.Horák | : Fyzika |
| 32/ Timošenko | : Pružnost a pevnost. |
| 33/ Tondl | : Pevnost a tvárnost oceli. |
| 34/ - | : Zápis TR AZNP z 6.5.1962. |
| 35/ RP | : O výhledech dalšího roz-
voje naší socialistické
společnosti. |
| 36/ - | : Přednáška z tvářecské
konference - Brno 1958. |



PŘÍLOHA 1.



VNITŘNÍ KLOUBOVÝ PLECH

11 428.1

F. Fischer

1:1

VŠST

VNITŘNÍ KLOUB
PLECH

Ing. František B e r a n ,
Jablonec n. Nis., Průmyslová 42.

P o s u d e k

diplomové práce s. Františka Stuchlíka, absolventa Vysoké školy strojní v Liberci, vypracované na téma " U daného vylisku zhodnotiti a zdůvodniti vhodnost výroby lisováním za tepla ".

Zadání úkolu bylo doplněno následujícími pokyny:

- 1/ Zdůvodnění zadaného úkolu.
- 2/ Technologické postupy tváření za studena a za tepla.
- 3/ Rozbor deformace a napjatosti při tváření polokoule za studena a za tepla.
- 4/ Porovnání obou způsobů.
- 5/ Ekonomické zhodnocení.
- 6/ Závěr.

Při vypracování zprávy se diplomant přidržel pokynů k vypracování; rozdělení obsahu souhlasí přibližně s jednotlivými body zadání.

1/ Politické zdůvodnění používání nejpokrokovější technologie výroby ve všech odvětvích jest naprosto správné. Úzkou souvislost úrovně výroby automobilů a životní úrovně není však správné tolik zdůrazňovati. Toto počítí zejména v daném případě, kdy obdobné součásti zahraničních výrobků jsou pravděpodobně vyráběny tváření za studena / tedy technologií všeobecně pokrokovější /, zatímco po neúspěšných pokusech u nás jest třeba přikročiti k lisování za tepla. Z tohoto hlediska jest možno zadání úkolu považovati za dosti obtížné.

Na základě schémat na obr. 1. a 2. nelze stanoviti podrobněji namáhání kloubu vnějšími silami. Podle obr. 2 lze však dospěti k názoru, že síly působící na kloub nemohou býti příliš veliké, tak jak jest uvedeno v textu.

2/ V odst. 2. 0. 0. cituje diplomant velice podrobně výňatky z teorie tváření z různých pramenů. Některé drobné nejasnosti vyplývají z toho, že není nikde zdůrazněno za jakých podmínek citované zákony platí / ku př. pro které kovy /. Z těchto důvodů nelze souhlasit ku př. s textem článku 2. 3. 1. Technologické postupy vypracované pravděpodobně techniky výrobního závidu jsou uvedeny apodrobně popsány v člancích 3. 1. 0. a 3. 2. 0. Technologický postup pro výrobu lisováním za tepla vykazují rozpor v tloušťce materiálu operace 05 s tloušťkou uvedenou na obr. 10.

3/ Provedené zkoušky materiálů nelze nazývat zkouškami technologickými. Ke zkouškám tahem nutno poznamenati, že tažnost na délku zkušebních tyčí 60 mm není nutno stanoviti planimetrováním, ale pouze výpočtem ze změřených hodnot trvalých deformací. Vypočtenou tažnost nelze označiti / σ_0 na str. 51 /. Obvyklým způsobem bylo možno stanoviti i tažnost zkušebních tyčí, které se nepřetrhly ve střední třetině délky příslušným přepočtem.

Vypočet obrábování za studena na str. 60 - 61 možno považovati za hlavní argument toho, proč zpracování za studena bylo dosud vždy neúspěšné. Dále zpráva obsahuje veliké množství výsledků měření tvrdostí i měření tloušťek stěny. Výsledky však nejsou zpracovány tak, aby mohly sloužiti za podklad ke srovnání výsledků teoretických úvah o rozdělení napjatostí a deformací při lisování.

Odvození napjatosti v různých místech kulového výlisku jest správné. Neposkytuje však možnosti zvláštních podrobných závěrů, které by mohly býti argumentem pro nutnost nové technologie tváření a za tepla. V článku 5. 1! 1. nemůže býti zdrojem materiálových úspor poloha výstřižku elipsovitého tvaru v pruhu. Zdrojem pochybných úspor jest u nového způsobu stříhání vlastně menší okraj / pouze 2,5 mm /. Možnost úspor bude záležeti na tom, zda za nových podmínek bude moci býti vystřihování uskutečněno ku př. i částečně otupeným nástrojem.

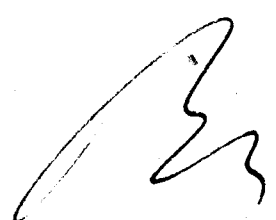
4/ Základní porovnání obou způsobů zpracování vyplývají z celkem podrobných úvah článku 2. 1. 3. - 2. 3. 3.

5/ Ekonomické hodnocení jest podrobně provedeno rozbořem nákladů. Konečný výsledek není překvapující. Že nebude nová technologie tváření za tepla ekonomicky výhodnější bylo možno očekávat.

6/ Celkovým závěrem diplomové práce jest důležité konstatování, že způsob výroby tváření za tepla možno považovati pouze za dnešních podmínek za správný. Jenom z důvodů časových nelze dále prováděti různé zkoušky za různých podmínek tváření za studena. Hledání nových cest výroby bude moci býti obsahem příštích vývojových úkolů.

Diplomová práce jest doplněna výkresy sestav všech tvářecích nástrojů pro zpracování za tepla a konstrukčním výkresem výlisku vnitřního kloubu.

Obsah zprávy splňuje v podstatě podmínky zadání diplomového úkolu. Za vypracování práce navrhuji diplomantovi klasifikaci " velmi dobře".



V Jablonci n. Nis. 1. prosince 1962.