

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH TECHNOLOGIE OBJEMOVÉHO TVÁŘENÍ SOUČÁSTI JÍZDNÍHO KOLA ZA STUDENA

DESIGN OF BULK COLD FORMING TECHNOLOGY FOR BICYCLE PART

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUBOMÍR KUBÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. MILAN FOREJT CSc.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2007/08

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Kubíček Lubomír, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Výrobní technologie a průmyslový management (2303T010)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Návrh technologie objemového tváření součásti jízdního kola za studena

v anglickém jazyce:

#### Design of bulk cold forming technology for bicycle part

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jde o návrh technologie sériové hromadné výroby součásti pro jízdní kolo z konstrukční oceli objemovým tvářením za studena protlačováním a pýchováním.

Cíle diplomové práce:

1. Vypracovat literární studii se zaměřením na objemové tváření za studena
2. Zhodnotit současný stav výroby součásti obdobného tvaru
3. Navrhnout vlastní technologii výroby se zaměřením na přípravné a dokončovací operace a jejich hodnocení pomocí simulačního programu.
4. Vypracovat výkresovou dokumentaci postupového nástroje.
5. Zpracovat technické a ekonomické hodnocení.
6. Formulovat závěry a doporučení.


1. LANGE, Kurt, et al. Handbook of metal forming. Kurt Lange. 1st edition. New York : McGraw-Hill Book Company, 1985. 1156 s. ISBN 0-07-036285-8.
2. ELFMARK, Jiří, et al. Tváření kovů. 1. vyd. Praha : SNTL, 1992. 524 s. Technický průvodce. sv. 62. ISBN 80-03-00651-1.
3. MIELNIK, Edward M. Metalworking science and Engineering. Michael B. Bever. 1st edition. New York : McGraw-Hill, Inc., 1991. 976 s. ISBN 0-07-041904-3.
4. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Milan Forejt, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 17.12.2007



  
doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.

  
doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.

## Abstrakt

Bc. Lubomír Kubíček

*Návrh technologie objemového tváření součásti jízdního kola za studena*

DP, VUT FSI, str. 79, přílohy 9, výkresy 9

Diplomová práce se zabývá návrhem nové metody výroby součásti jízdního kola a to brzdového bubnu, který je důležitým prvkem volnoběžného náboje. V úvodu diplomové práce je popsána současná technologie výroby součásti a její nedostatky. Na základě současné technologie výroby je dále navržený nový postup výroby, a to objemovým tvářením za studena. Tvářený polotovár je v návrhu následně obráběn dle stávajícího postupu. Pro operaci tváření za studena je navržen nástroj. Návrh operace tváření je doplněna výpočtem všech nutných parametrů, včetně kontroly sestavy nástroje, postupu. Ekonomické zhodnocení nově vytvořeného postupu výroby brzdového bubnu. Vyselektovány byly jeho klady a zápory.

**Klíčová slova:** lisování za studena, brzdový buben, volnoběžný náboj, jízdní kolo, objemové tváření

## Abstract

The diploma thesis is dealt with a project of a new manufacture method of a bicycle's part. The part is a brake drum, which is the necessary part of a free-running charge. In an introduction of the diploma thesis is described a nowadays manufacture technology and its deficiencies. According to the nowadays manufacture technology was designed a new one, which is based on a cold volumetric shanking. The shanked hemihedron is consequently shaped according to the current technology. After the operation of cold shaping an instrument is projected. The project of the shaping technology is filled up by the calculation of the essential parameters, including an arrangement of the instrument and the process. An economical evaluation of the new process of the brake drum is stated and its advantages and disadvantages were selected.

**Key words:** cold pressing, brake drum, free-running charge, bicycle, volumetric shanking

## Bibliografická citace

KUBÍČEK, L. *Návrh technologie objemového tváření součásti jízdního kola za studena*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 79 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Milan Forejt, CSc.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Brně dne . . .2008

.....

## Poděkování

Tímto děkuji panu prof. Ing. Milanu Forejtovi CSc. Za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce.

## Obsah diplomové práce

Abstrakt .....	4
Bibliografická citace.....	5
Čestné prohlášení.....	6
Poděkování .....	7
Obsah diplomové práce .....	8
1. ÚVOD.....	10
1.1. Volnoběžný náboj – brzdový buben .....	10
1.2. Význam a nároky na brzdový buben .....	11
1.3. Cíle a úkoly.....	12
2. OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ ZA STUDENA .....	14
2.1. Tvařitelnost .....	14
2.2. Podmínky plasticity .....	17
2.3. Protlačování .....	17
2.3.1. Protlačování kovů za studena .....	17
2.3.2. Tvary průtlačku.....	19
2.3.3. Rozměry průtlačku.....	19
2.3.4. Počet výrobků z ekonomického hlediska .....	20
2.3.5. Přesnost rozměrů a tolerance .....	20
2.3.6. Jakost povrchu .....	21
2.3.7. Druhy materiálu [1] .....	21
2.3.8. Zpevnění oceli protlačováním za studena.....	21
2.3.9. Druhy ocelí používané k protlačování za studena .....	22
2.3.10. Úprava materiálu .....	24
2.3.11. Stroje pro protlačování .....	24
2.5. Metody řešení tvářecích procesů .....	24
2.5.1. Rozvoj teorie tváření.....	24
2.5.2. Pěchování.....	25
2.5.3. Zpětné protlačování .....	26
2.5.3.1. Řešení zpětného protlačování podle Dippera.....	26
2.5.3.2. Další řešení .....	28
2.6. Nástroje pro zpětné protlačování .....	28
3. POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE.....	31
3.1. Stáčení pásky .....	31
3.2. Fosfátování a mýdlování.....	31
3.3. Kalibrace bubnu .....	32
3.4. Soustružení čela bubnu .....	32
3.5. Fosfátování a mýdlování.....	33
3.6. Tváření bubnu .....	33
3.7. Protlačování trnem.....	34
3.8. Soustružený povrchu bubnu.....	34
3.9. Omílání bubnu .....	35
3.10. Fosfátování a mýdlování po omílání bubnu .....	35
3.11. Střih nosu s kalibrací.....	35
3.12. Ražení pojistky pro pérko .....	36
3.13. Rozfrézování bubnu .....	36
3.14. Navazování pro kalírnu.....	37
3.15. Cementace kalení popuštění .....	37
3.16. Moření a fosfátování.....	39



3.17. Třídění ocelového bubnu .....	39
3.18. Montáž brzdového bubnu .....	39
3.19. Zhodnocení stávající technologie .....	40
4. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY TVÁŘENÍM.....	41
4.1. Stanovení tvaru a rozměru polotovaru.....	41
4.1.1. Změna tvaru obrobku.....	41
4.1.2. Předlisovaný polotovar .....	42
4.1.3. Výchozí polotovar .....	42
4.2. Volba materiálu polotovaru .....	43
4.3. Volba tvářecího nástroje a volba materiálu .....	44
4.3.1. Materiál průtlačníku K 360 ISODUR ( ocel pro práci za studena ) .....	45
4.3.2. Materiál průtlačnice a vyhazovače ocel 19 830 (DIN HS6-5-2, W. Nr. 1.3343).....	45
4.4. Konstrukce tvářecího nástroje .....	46
4.4.1. Složený nástroj.....	46
4.4.2. Průtlačnice(zápustka).....	47
4.4.2.1. Výpočet rozměrů objímky a zápustky.....	47
4.4.3. Průtlačník(razník).....	51
4.4.3.1. Konstrukční řešení razníku.....	51
4.4.3.2. Navrhovaná výroba průtlačníku .....	51
4.5. Technologické výpočty.....	52
4.5.1. Výpočet tvářecí síly – dle Dippera .....	52
4.5.2. Výpočet tvářecí síly – dle Siebela .....	54
5. VOLBA TVÁŘECÍHO STROJE.....	57
6. NÁVRH PŘÍPRAVNÝCH OPERACÍ A DOKONČOVACÍCH OPERACÍ.....	58
6.1. Porovnání stávajících a navrhovaných operací.....	58
6.2. Rozbor přípravných operací před tvářením .....	58
6.2.1. Řezání na automatické pásové pile.....	58
6.2.2. Omílání v bubnech.....	59
6.2.3. Pěchování.....	59
6.2.4. Tepelné zpracování polotovaru.....	61
6.2.5. Fosfátování .....	61
6.2.6. Mazání polotovaru před tvářením.....	61
6.3. Rozbor změněných operací po tváření.....	62
6.3.1. Soustružení povrchu bubnu, zarovnání, vyvrtání otvoru.....	62
6.3.2. Stříh nosu .....	62
7. TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	63
7.1. Srovnání využití materiálu [Tab.9].....	64
7.2. Porovnání finančních nákladů na materiál [Tab.10].....	64
7.3. Náklady na výrobu nástrojů pro objemové tváření a jejich trvanlivost [Tab.11].....	65
7.4. Zhodnocení úspor vlivem zrušených operací a vytvoření nových .....	66
7.5. Technicko ekonomické vyhodnocení .....	67
8. ZÁVĚRY .....	68
Seznam použitých zdrojů.....	69
Seznam použitého značení .....	70
Seznam příloh.....	71

## 1. ÚVOD

### 1.1. Volnoběžný náboj – brzdový buben

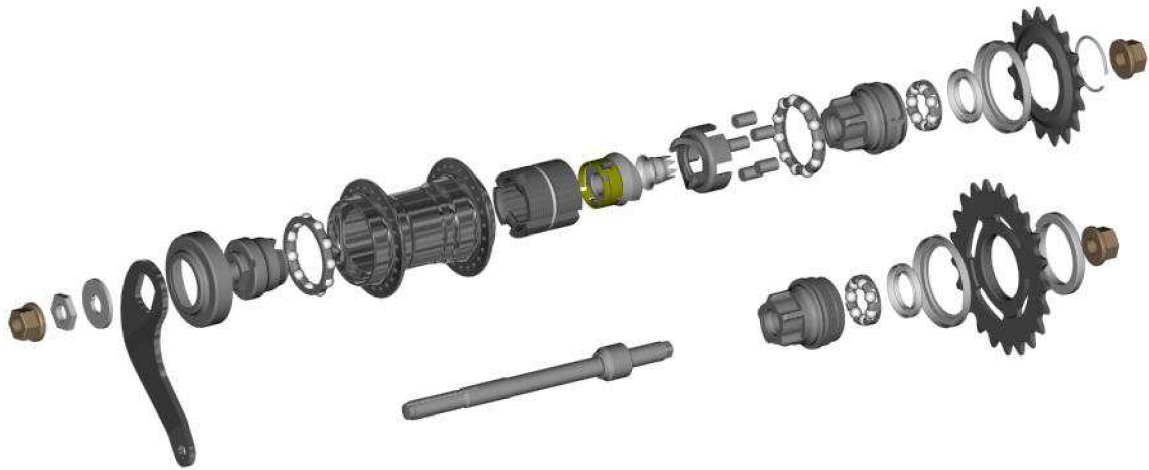
Brzdový buben (Obr. 1) je jednou z významných součástí sestavy zadního volnoběžného náboje s protišlapnou brzdou (Obr. 2) jízdního kola. Náboj se skládá přibližně ze třiceti druhů součástí, ze kterých se buď skládá rovnou plášť volnoběžek, nebo se vyváží jednotlivé druhy výrobků jako náhradní díly pro opravy (Obr. 3).



*Obr.1 Brzdový buben*



*Obr.2 Volnoběžný náboj jízdního kola*



*Obr.3 Volnoběžný náboj jízdního kola-sestava*

Vzhledem ke vzrůstající konkurenci na trhu, a to především z východních zemí, je nutné udržovat cenu výrobku na stále stejné ceně a zároveň si udržet vysokou kvalitu sortimentu. Příliv obchodníků na evropský trh z asijských zemí je alarmující, proto je nutné si udržet, a získat i nové zákazníky, dobrou kvalitou výrobku a především konkurenčně schopnou cenou. Tyto hlavní důvody vedou k reorganizaci postupů výrobní technologie, nacházení nových technologických způsobů výroby a snížení finančních a materiálních nákladů na výrobu.

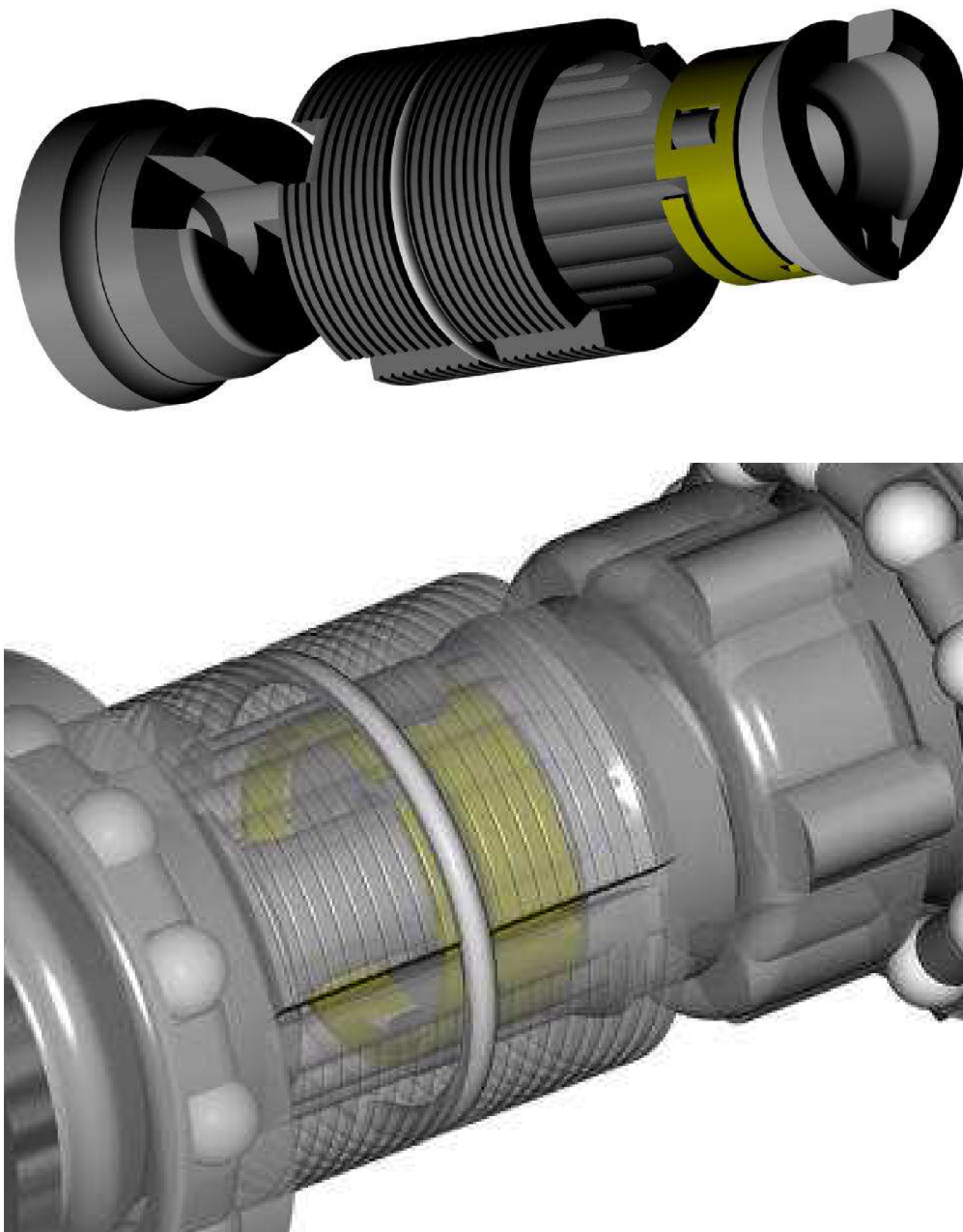
Společnost, která v české republice jako jediná má velkosériový program na výrobu volnoběžek jízdního kola se postupně snaží přejít z technologie třískového obrábění na obrábění objemovým tvářením za studena a to především u součástí, u kterých je vysoký odpad třísky a tím pádem velké náklady na výrobu.

## **1.2. Význam a nároky na brzdový buben**

Brzdový buben je jedna z nejdůležitějších součástí volnoběžného náboje jízdního kola s protišlapnou brzdou. Zajišťuje brzdění jízdního kola při protišlapu. Jsou kladeny nároky na souostrost vnějšího rozměru ku vnitřnímu rozměru z důvodu stejnoměrného brzdění a vysoká odolnost proti otěru vnějšího průměru (brzdící plocha).

Brzdový buben je v zásadě složen ze dvou polovin, které jsou spojeny pérkem. Pérko má funkci jen při montáži bubnu, aby držel pohromadě poloviny, které patří k sobě. Buben je trubkovitého tvaru s vnitřními drážkami, které plní funkci přenosu kroutícího momentu při brzdění přes válečky dále do soustavy až ke šlapkám jízdního kola. Vnější část bubnu je funkční brzdovou plochou, která je opatřena po obvodu drážkami, pro lepší brzdový účinek. Samotné

brzdění vyvolává stykové tření mezi vnitřním průměrem pláště a vnější plochou brzdového bubnu.(Obr.5)



*Obr.5 Detail funkce brzdového bubnu*

### 1.3.Cíle a úkoly

Cílem této práce je zhodnotit stávající výrobu brzdového bubnu, a následně navrhnout jeho výrobu lisováním za studena. Soustředit se na zjednodušení výroby a pokud možno se zbavit co nejvíce operací prováděných na součásti tím, že se přelisuje co nejvíce funkčních tvarů. Zpracování ekonomického zhodnocení nové technologie a porovnání se stávající výrobou je

též důležitou částí této práce. Dovoluji si i říci, že ekonomické zhodnocení výrobku je v dnešní době nejdůležitější částí vývoje. Vzhledem k velké konkurenci musíme neustále zmenšovat náklady na výrobu součásti a to i fixní režie.

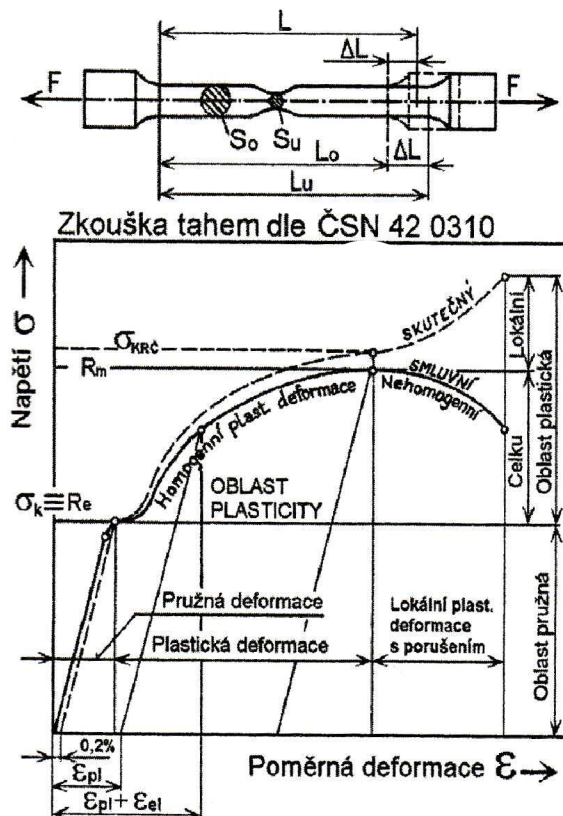
## 2.OBJEMOVÉ TVÁŘENÍ ZA STUDENA

### 2.1.Tvařitelnost

Tvařitelnost kovů a slitin je schopnost trvale měnit tvar bez porušení tvářeného tělesa v konkrétních technologických podmínkách. Tvařitelnost tedy představuje souhrn vlastností materiálu, nástroje a prostředí, které za daných termomechanických podmínek určují schopnost trvalé změny tvaru tvářeného tělesa bez porušení a umožňují tak vyrobit součást s požadovanými rozměry a vlastnostmi. Základní potřebnou vlastností tvářeného materiálu je plasticita, která je definována velikostí plastického přetvoření do porušení tělesa v konkrétních termomechanických podmínkách, tj. teploty, napjatosti a rychlosti plastické deformace. [3]

Nejdůležitější základní posouzení plasticity se provádí na charakteristických hodnotách tahové nebo tlakové zkoušky. Křivku napětí-deformace při jednoosé napjatosti popisujeme podle smluvních charakteristik. [3] (Obr.6)

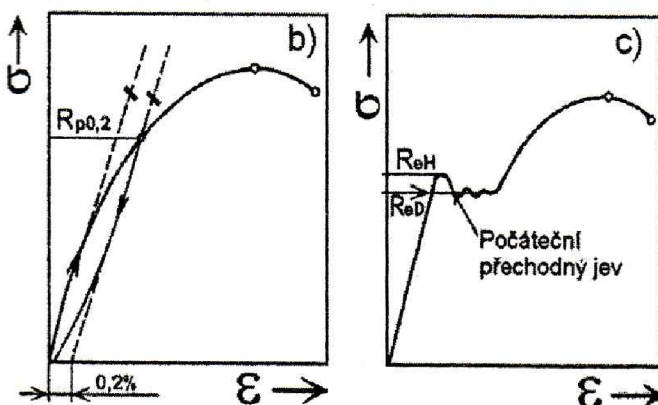
$$\sigma = \frac{F}{S_o}; \quad \varepsilon = \frac{L - L_o}{L_o} \quad (2.1)$$



Obr.6 Křivka napětí-deformace jednoosé deformace [3]

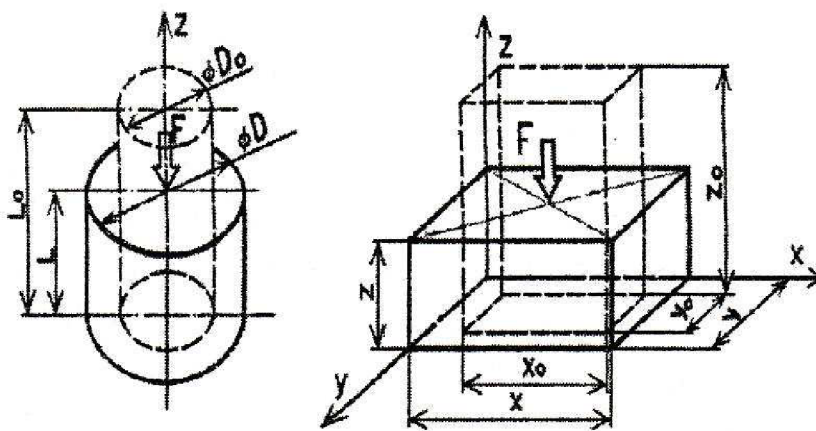
Z hlediska plastických deformací je významný přechod materiálu z pružného do plastického stavu. Toto kritické napětí označujeme v diagramu tahové zkoušky jako mez kluzu. Buď je

výrazná a označujeme ji  $\sigma_k = Re$  nebo je nevýrazná, a potom ji stanovujeme jako smluvní mez kluzu  $R_{p0,2}$  z trvalé deformace 0,2% pod zatížením. [3] (Obr.7)



Obr.7 Kritické napětí-mez kluzu(vpravo výrazná, vlevo nevýrazná) [3]

Obecně plastické deformace-přetvoření tělesa ve směru souřadných os vyjadřujeme pomocí normálových nebo také hlavních složek logaritmických deformací. Vycházíme-li z předpokladu, že objem tělesa se před i po plastické deformaci – přetvoření nemění. [3] (Obr.8)



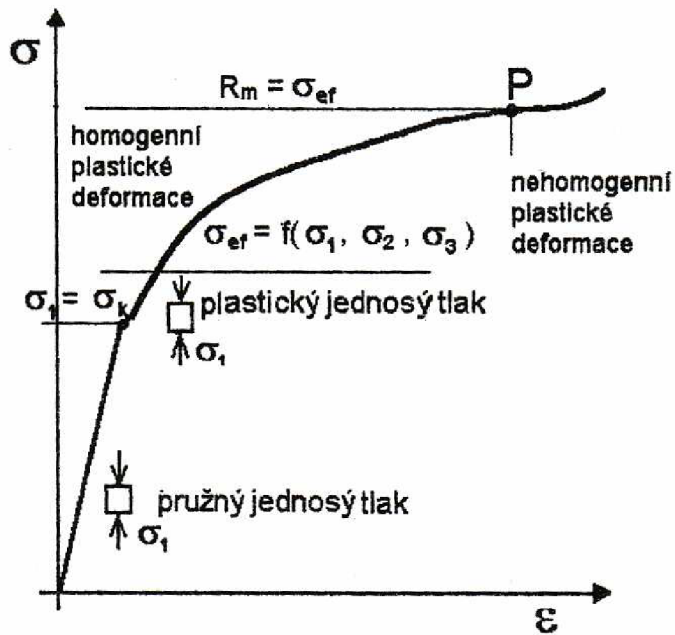
Obr.8 Přetvoření tvaru plastických těles [3]

Křivky zpevnění určují závislost skutečných napětí a deformací pro dané teplotně-rychlostní podmínky.

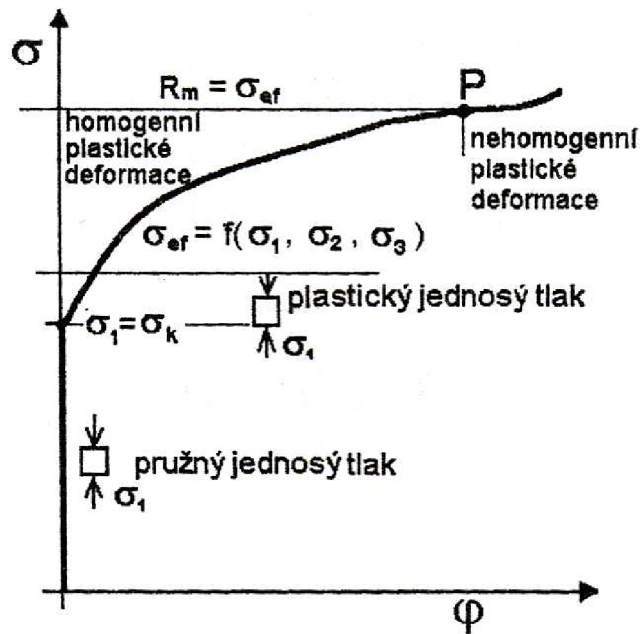
Vyjadřují se zpravidla závislostmi:

I.druhu - pro poměrné deformace -  $\sigma = \sigma(\varepsilon)$  (Obr.9)

II.druhu - pro logaritmické deformace-přetvoření -  $\sigma = \sigma(\varphi)$  (Obr.10)



Obr.9 Diagram napětí – deformace I.druhu [3]



Obr.10 Diagram napětí – deformace II.druhu [3]

Ve tváření je mez pevnosti  $R_m$  mezním stavem, kde končí rovnoměrné deformace, viz bod P na obr. 9-10. V bodě P dochází ke ztrátě stability tvářecího děje a k počátku vzniku krčku, tj. k lokální plastické deformaci-přetvoření. [3]



Přirozený přetvárný odpor je vnitřní odpor materiálu proti působení vnějších sil za podmínek jednoosého stavu napjatosti, při kterém nastane počátek plastické deformace-přetvoření za daných termomechanických podmínek. [3]

## 2.2. Podmínky plasticity

Těleso se svými mechanickými vlastnostmi přechází z pružného do plastického stavu za zcela konkrétních podmínek stavu napjatosti, teploty a rychlosti zatěžování. Hranici tohoto přechodu nazýváme podmínkou plasticity. K deformaci dochází buď v rovinách s největší koncentrací potenciální energie nebo v rovinách maximálních smykových napětí. Z pracovních diagramů tahových a tlakových zkoušek rovněž plyne, že k přechodu do plastické oblasti dochází po dosažení kritického napětí na mezi kluzu. [3]

Pro další rozbor obecné podmínky plasticity je třeba splnit základní předpoklady:

- kvaziizotropní vlastnosti materiálu jsou zachovány v pružném i pružně plastickém stavu.
- počátek vzniku plastických deformací-přetvoření nezávisí na průběhu zatěžování v pružné oblasti
- mechanické vlastnosti materiálu jsou určeny právě mezi kluzu

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{1}{2}\sigma_k = \frac{1}{2}\sigma_p \quad (2.2)$$

Tvářecí procesy se řídí řadou zákonitostí a jsou to především:

- zákon stálosti objemu
- zákon stálosti potenciální energie změny tvaru
- zákon nejmenšího odporu
- zákon max. smykových napětí
- zákon odpružení po trvalé změně tvaru
- zákon přídavných napětí, zákony podobnosti, zákony tření

## 2.3. Protlačování

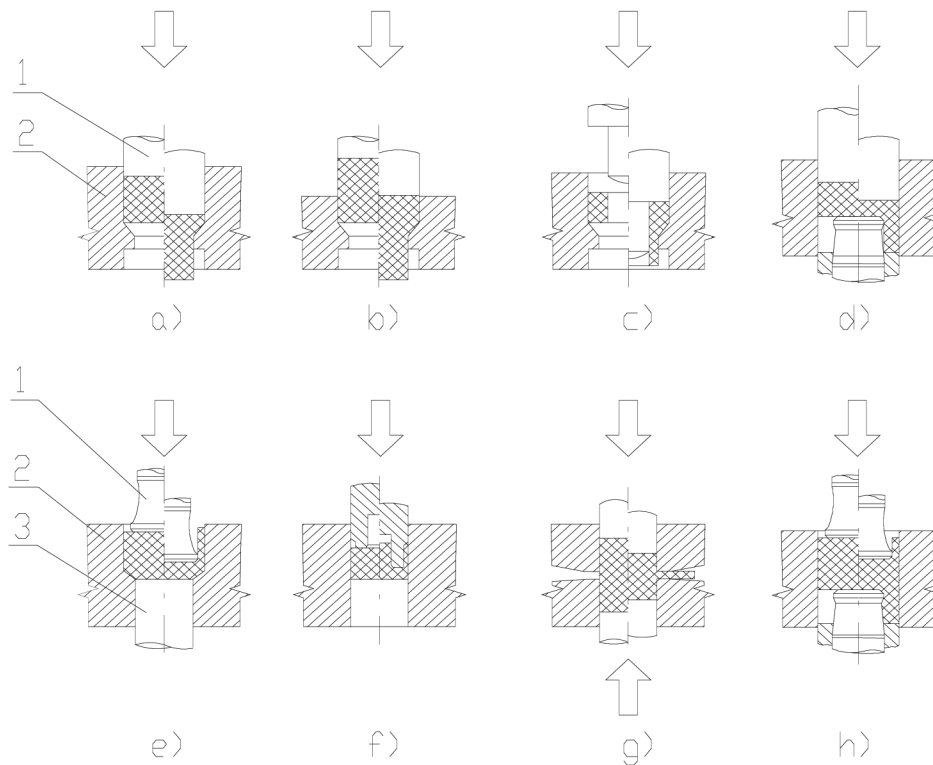
### 2.3.1. Protlačování kovů za studena

Protlačování kovů za studena je progresivní technologie. Probíhá jako objemové tváření pod rekrystalizační teplotou. Dosahuje se minimálního odpadu výchozího polotovaru, zvýšení

mechanických vlastností tvářené součásti, snížením výrobních časů a potřebné energie, vyšší meze kluzu a pevnosti, nepřerušného průběhu vláken. Podle směru a způsobu posuvu materiálu v protlačovacím nástroji rozeznáváme tyto hlavní způsoby protlačování [1]:

- Dopředné
- Zpětné
- Stranové
- Sdružené

Schémata základních způsobů protlačování ukazuje obr.11.



Obr.11 Schémata základních způsobů protlačování 1 – průtlačník, 2 – průtlačnice, 3 - vyhazovač

a) uzavřené dopředné, b) otevřené dopředné, c) dopřední duté, d) dopředné protlačování kalíšku, e) zpětné, f) uzavřené zpětné, g) stranové h) sdružené

Zpětné protlačování - posuv materiálu je proti pohybu průtlačníku. Výchozím polotovarem je špalík kruhového nebo čtvercového průřezu. Výlisek má tvar kalíšku. [1]

Dopředné protlačování - posuv materiálu špalíku(kaloty) je ve směru pohybu průtlačníku. Polotovar může být plný nebo prstenec(trubka). [1]

Sdružené protlačování - je kombinací zpětného a dopředného protlačování. Posuv materiálu je ve směru i proti směru pohybu průtlačníku. Nutno je brát v úvahu rozdílnost podmínek pro posuv kovu, které jsou jiné pro dopředný a jiné pro zpětný způsob protlačování. Platí obecná zásada, že u výlisku, kde probíhá dopředné protlačování, je potřebné volit menší stupeň deformace než u části výlisku, kde je protlačování zpětné. Polotovarem je kalota nebo tlustostěnný prstenec. [1]

Stranové protlačování - materiál se přemísťuje ve směru kolmém k podélné ose polotovaru. Vytváří se tak např. výstupky na obvodu určité části výlisku. [1]

### 2.3.2. Tvary průtlačku

Protlačováním lze zhotovit tělesa převážně symetrická podle osy. Tělesa symetrická podle osy. Tělesa symetrická podle osy se dělí na [1]:

#### A) Plná tělesa

- s hlavou různého tvaru
- s dříkem různě stupňovitě členěným
- kombinace obou druhů

#### B) Dutá tělesa

- se dnem, které je rozdílně předlisováno, raženo nebo děrováno
- se stupňovitě vytvořeným pláštěm a se dnem nebo bez dna
- kombinací obou druhů

V některých případech lze vyrobit i tělesa nesymetrická. K zavedení takové výroby se doporučuje provést předběžné zkoušky.

### 2.3.3. Rozměry průtlačku

Teoreticky není pro rozměry žádné omezení. V praxi jsou rozměry průtlačku omezeny měrným tlakem nástrojů (u nástrojové oceli max. 2500MPa) a právě tak silou, již je třeba vynaložit, a tedy i velikostí lisu, tj. silou beranu a dráhou beranu. Mohou být vyráběny součásti z nízkouhlíkové oceli až do průměru 160mm a délky přibližně 1500mm. [1]

U dutých těles jsou výrobky omezeny tloušťkou stěny, jež závisí na sousedních úsecích výrobku se stěnou, na příčném řezu a na vzdálenosti, kterou materiál musí překonat během tvá-

ření jsou možné minimální tloušťky stěny až pod 0,5mm, v jistých případech až 0,1mm a maximální tloušťky stěny až 15mm. Musíme však rozlišovat čistě technickou možnost výroby součástí protlačováním za studena od skutečně hospodárné výroby. Součást o malých rozměrech nelze hospodárně vyrábět na lisech s velikou jmenovitou silou nebo s dlouhou dráhou beranu. Proto se řídí výroba součástí, jež je možno z ekonomického hlediska ještě vyrobit, především podle strojů a zařízení, jež jsou k dispozici. [1]

#### 2.3.4. Počet výrobků z ekonomického hlediska

Protlačování za studena je výrobní postup vhodný pro hromadnou výrobu. Čím větší je množství výrobků, tím je použitelnost tohoto postupu hospodárnější. Podle toho jaké má závod k dispozici provozní zařízení, především pak podle velikosti lisů a zařízení pro tepelné zpracování a povrchovou úpravu, lze touto metodou vyrábět hospodárně jak součásti malé, tak i velké součásti. Poněvadž mohou nastat odchylky od tohoto pravidla v důsledku požadovaného tvaru, jakosti povrchu, přesnosti rozměrů a tvaru, množství, stavu a konstrukce nástrojů, je třeba vždy sestavit přesnou kalkulaci hospodárnosti. [1] (Tab.1.)

Váha součásti v (kg)	Min. série v (ks)
od 0,001 do 0,02	10 000
od 0,02 do 0,5	5 000
od 0,5 do 10	3 000
od 10 do 30	10 000

*Tab.1. Empirické pravidlo pro nejmenší počet kusů z hlediska hospodárnosti*

#### 2.3.5. Přesnost rozměrů a tolerance

Pro výrobky protlačované za studena platí obecně známé pravidlo o přesnosti a tolerancích. Každá tolerance má být volena tak, aby jejím překročením se stala součást skutečně neupotřebitelnou. Cena průtlačku značně stoupá se zmenšením tolerance. Jestliže jsou stanoveny tolerance. Je nutno zvážit zda použít protlačování je v tomto případě hospodárné. Také je nutno zvážit, zda by v dané situaci pomohla konstrukční změna. [1]

### 2.3.6. Jakost povrchu

Výrobky protlačené za studena mají dobrou jakost povrchu. Fosfátování povrchu výchozího materiálu nebo polotovaru před protlačováním k snížení tření a značné zpevnění povrchu způsobené velkými měrnými tvářecími tlaky vytvářejí zvláštní povrchovou vrstvu. Drsnost povrchu z protlačování za studena je mezi jemným broušením a leštěním. V důsledku této dobré jakosti povrchu jsou účinky vrubu za studena protlačených součástí nepatrné, což se v provozu projevuje příznivě na jejich pevnostních vlastnostech. Také odolnost proti otěru u těchto součástí je dobrá. [1]

### 2.3.7. Druhy materiálu [1]

Volba materiálu je velmi důležitá. Volíme co nejlevnější materiál, který zachová požadovanou funkčnost vyráběné součásti.

Protlačovat se dají jak neželezné kovy tak i oceli. Neželezné kovy se v základě dělí na čisté kovy (nejlépe se protlačují, výrobky mají čistý povrch a dobré jakosti), a na znečištěné kovy mezi které patří olovo, cín, hliník a jeho slitiny, zinek, mosaz, hořčík, stříbro měď, nikl.

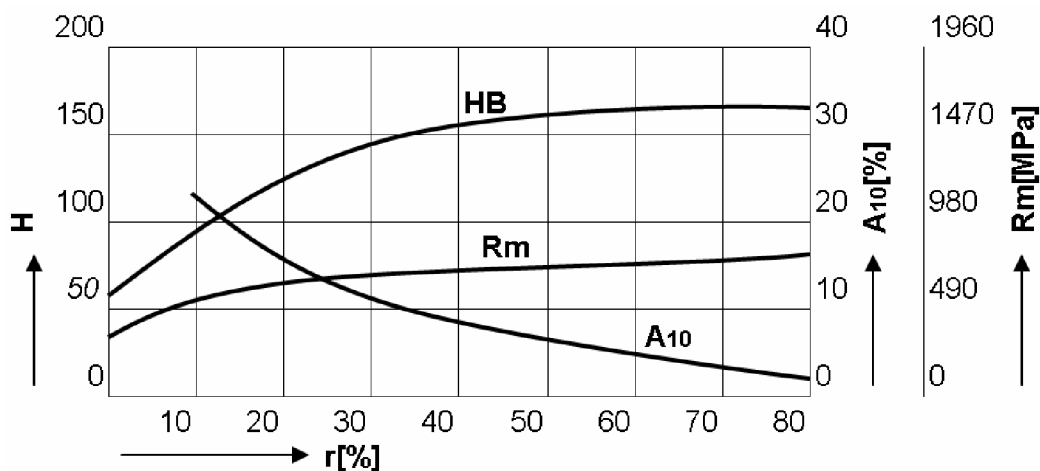
Protože je ocel nejrozšířenějším materiálem ve strojírenství, je u protlačování zaměřena pozornost právě na ni. Dnes tento výrobní postup úspěšně soupeří s kováním, odléváním a obráběním i různými klasickými způsoby tváření. Protlačování za studena jako i jiné způsoby výroby má svou oblast použití. Nutno zdůraznit, že u ocelí je tento způsob výroby vhodný pro poměrně větší série. Ze zkušenosti mnoha závodů je možné protlačovat hospodárně oceli v minimálních sériích dle následující tabulky.

### 2.3.8. Zpevnění oceli protlačováním za studena

Pro oceli, kovy a jejich slitiny je příznačná změna jejich vlastností vlivem tváření. Tyto mechanické změny jsou trvalé jen tehdy, když deformace probíhá při nižší teplotě než je rekrytalizační teplota, odlišná pro jednotlivé druhy materiálů. Protlačování probíhá pod touto teplotou. [1]

Změna mechanických vlastností při tomto druhu tváření je charakterizována zpevněním. To znamená, že se přetvárný odpor, který způsobuje deformaci během protlačování mění. Zpevnění je úměrné stupni přetvoření a vnitřní stavbě materiálu. To prakticky znamená, že vhodně volenou redukci můžeme dosáhnout zlepšení mechanických vlastností, a v důsledku toho použít méně jakostního výchozího materiálu. Toto zpevnění nemá vliv na nějaké deformace tva-

ru průtlačků. Tedy stálost rozměrů je zaručena u průtlačků stejně jako u jiných výrobků tvářených za studena jiným výrobním postupem. Zpevnění je u průtlačku nerovnoměrné, odpovídající různému stupni deformace v jednotlivých částech průtlačku. [1] (Obr.12)



Obr.12 Průběh změn mechanických hodnot u oceli s 0,1%C, protlačované za studena

### 2.3.9. Druhy ocelí používané k protlačování za studena

Teoreticky je možné zpracovávat protlačováním všechny druhy ocelí, které jsou schopny deformace za studena. V praxi jsme však omezení, co do rozsahu redukce a co do výběru použitých ocelí, maximálně přípustným tlakem mezi součástí a nástrojem. Tyto nástroje musí mít určitou životnost, aby byla dodržena hospodárnost výrobního postupu. Nástroje musí unést dovolené zatížení po určitou dobu. Protlačování je v praxi hospodárné jen tehdy, když je možno provést během jedné pracovní operace co největší deformaci. Velikost těchto deformací, a tím i velikost přetvárného odporu oceli se řídí podle chemického složení ocelí. Podle empirického pravidla platí za nevhodné, jestliže je nutno vynaložit větší tvářecí tlak než 2450 MPa nebo jestliže některá ocel nedovolí v důsledku svého složení stupeň deformace nad 25% během jedné pracovní operace. Druhy ocelí používaných k protlačování za studena dělíme na oceli vhodné ke tváření za normální teploty a k tváření při zvýšených teplotách. Nejnižších specifických tlaků vyžadují oceli do obsahu uhlíku 0,2%. Při použití ocelí s vyšším obsahem uhlíku musí být redukce přiměřeně snížena. V tabulce č.2 jsou uvedeny oceli používané k protlačování za studena: A-oceli s vysokou tvárností za velmi nízkých protlačovacích tlaků a pro největší redukce, B-oceli se střední tvárností za protlačovacích tlaků středních hodnot a s vyšší pevností v protlačeném stavu, C-tvrdé oceli pro protlačování s malou tvárností, vysokými protlačovacími tlaky a vysokou pevností v konečném stavu. [1]

Oceli ČSN		Chemické složení v %						
		C	Pmax.	Smax	P+S	Mn	Si	Cr
A	11 340	0,10	0,05	0,05				
	11 370	0,15	0,05	0,05				
	12 010	0,13	0,04	0,04	0,07	0,06	0,35	
	12 013	0,07	0,03	0,03	0,05	0,03		
B	11 420	0,22	0,05	0,05				
	11 424	0,20	0,05	0,05				
	11 456	0,22	0,05	0,05				
	12 020	0,20	0,04	0,04	0,07	0,90	0,35	
	14 120	0,18	0,04	0,04	0,07	0,06	0,35	0,90
	14 220	0,19	0,04	0,04	0,07	1,40	0,35	1,10
C	11 500	0,28	0,06	0,06	0,10			
	11 600	0,43	0,06	0,06	0,10			
	12 040	0,40	0,04	0,04	0,07	0,80	0,35	
	12 050	0,50	0,04	0,04	0,07	0,80	0,35	

*Tab.2. Oceli používané k protlačování*

Požadované vlastnosti ocelí pro objemové tváření:

- a) *stav oceli* – k protlačování je nejvhodnější ocel ve vztahu žíhaném na měkko
- b) *struktura* – ocel k protlačování má být co nejměkčí. Struktura má být feriticko- perlitická, přičemž perlit je zcela globulární. Vhodné struktury lze také dosáhnout kombinovaným žíháním, tj. normalizačním žíháním ke zrovnoměření zrna a následujícím žíháním na měkko k dosažení nejnižší tvrdosti a nejvyšší tvárnosti. Doporučuje se průměrná velikost zrna 5 až 8 dle ČSN 42 0463.
- c) *mechanické vlastnosti* – co nejnižší mez kluzu, co nejvyšší tažnost, co nejvyšší kontrakce ( minimálně 55 % ), poměr meze kluzu k pevnosti má být v mezích 0,5 až 0,6.
- d) *chemické složení oceli* – nízký obsah uhlíku, minimální obsah fosforu a síry, minimální výskyt staženin a vycezenin, nízký obsah nekovových vměstků.

K protlačování se používá přednostně oceli s velkou odolností proti stárnutí. Pro nejnáročnější průtlačky se používají oceli uklidněné hliníkem. Tyto oceli mají homogenní chemické složení, zaručený stupeň čistoty a vysokou tvárnost. Tepelným zpracováním před tvářením se dosáhne stálosti mechanických vlastností průtlačků.

### 2.3.10. Úprava materiálu

Výchozím polotovarem při protlačování oceli jsou většinou tyče. Tyče většinou přicházejí do závodu ve stavu a rozměrech nevyhovujících výrobě. Materiál se většinou upravuje následovně: rovnání tyčí, loupání tyčí, dělení tyčí, tepelné zpracování, odstranění okují a nečistot, fosfatizace a sušení, mazání. [1]

### 2.3.11. Stroje pro protlačování

K protlačování se používá buď lisů různé konstrukce, nebo speciálních protlačovacích strojů. Stroje používané k protlačování dělíme na: mechanické lisy, hydraulické lisy, speciální stroje. [1]

Základem pro volbu vhodného stroje jsou pracovní diagramy. Lisy se dělí na tyto typy: mechanické lisy (klikové lisy, kolenové lisy, výstředníkové lisy), hydraulické lisy.

Nejdůležitější charakteristickou veličinou u lisů jsou lisovací síla, práce a zdvih. K protlačování neželezných kovů se hodí nejlépe rychloběžné klikové lisy, se snadno a přesně přestavitelným zdvihem. Nejlépe se však hodí speciální protlačovací lisy s podávacím zařízením materiálu a automatickým vyhazováním průtlačku. Kolenové lisy jsou stavěny pro značné tlaky, mají však malý zdvih, proto se hodí jen pro nízké součásti. Hydraulické lisy lze používat pro všechny druhy součástí. Mají velký zdvih, proto jich lze využít pro součásti vysoké. Výstředníkové lisy mají stojan typu C při protlačování pruží. Proto se používají několikrát silnější lisy než je nutno. [1]

## 2.5. Metody řešení tvářecích procesů

### 2.5.1. Rozvoj teorie tváření

Tváření kovů se historicky vyvíjí už od doby bronzové, ale teorie tvářecích procesů je prakticky rozvíjena až od dvacátých let dvacátého století. Některé problémy plastické deformace byly řešeny již koncem devatenáctého století. První podmínka plasticity byla matematicky formulována Saint-Venantem na základě pokusů francouzského inženýra H. Tresky, které uskutečnil v roce 1864. V současné době je teorie plasticity a teorie tváření rozpracována především pro statické izotermické děje. Rozvoj teorie tváření postupně dospěl k teoretickému řešení čtyř základních úloh [ 3 ].

První úloha souvisí s určením velikosti tvářecích sil a přetvárných prací a byla řešena již na počátku rozvoje teorie tváření. Umožňuje volbu tvářecího stroje a v prvním přiblížení i pev-



nostní návrh-dimenzování nástrojů. Tato úloha je z pravidla součástí řešení úloh ostatních a vychází ze zjednodušujícího předpokladu, že tvářený materiál je charakterizován jedinou veličinou, tj. přirozeným přetvárným odporem. Tento implicitně zahrnuje všechny vlivy procesu tváření za konkrétních termomechanických a rychlostních podmínek.

Druhá úloha zahrnuje velmi obtížné uráčení velikosti a průběhu zatížení tvářecích nástrojů. Přispívá k optimalizaci technologických a geometrických parametrů nástrojů hlediska jejich pevnosti a bezpečnosti.

Třetí skupina úloh se zabývá rozbořem přetvoření a stanovením vhodného tvaru a rozměrů výchozího polotovaru, případně i polotovarů dílčích operací.

Čtvrtá skupina úloh řeší kritické podmínky plastické deformaci-přetvoření, kdy dochází k vyčerpání plasticity a nastává porušení tvářených těles [ 3 ].

### 2.5.2. Pěchování

Základní operace při objemovém tváření, při kterém zmenšuje výšku polotovaru a zvětšuje jeho příčný průřez. Ideální stav je bez tření a reálný stav je se třením. Tyto úlohy můžeme řešit buď jako rovinné v pravoúhlých souřadnicích, např. podle Prandtla, nebo ve válcových souřadnicích a především s využitím rotační symetrie dle Unksova. [3]

#### Základní metodiky řešení:

- řešení jako rovinná úloha ve válcových souřadnicích
- řešení podle Siebela

Vychází z integrace rovnice za předpokladu, že smykové kontaktní napětí dle zákona tření podle Coulomba a normální napětí se po celé výšce pěchovaného tělesa nemění.

- řešení podle Unksova

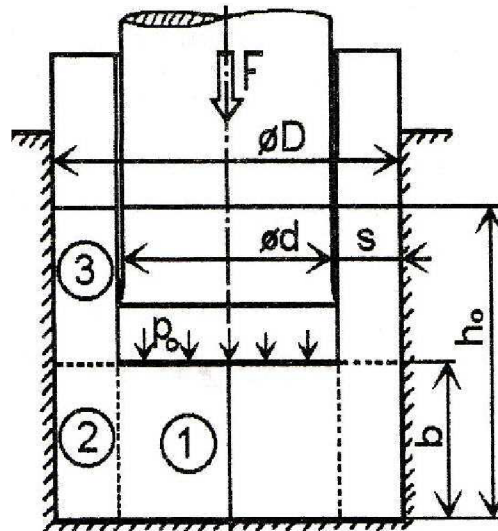
Unksov měřením kontaktních napětí zjistil, že smyková napětí mezi pěchovníkem-kovadlem a výkovkem nejsou konstantní, a že v průběhu normálových i smykových napětí lze rozlišit tři základní pásma. Pásmo kluzu I., pásmo zbrzdění II. A pásmo stagnace III.. Jejich existence je závislá na okamžitých poměrech délky nebo průměru tělesa a jeho výšky a na vnějším tření. [3]

### 2.5.3. Zpětné protlačování

Při zpětném protlačování je stav přetvoření nerovnoměrný a směry hlavních deformací nejsou totožné se směry hlavních souřadných os. Existuje řada řešení této nehomogenní plastické deformace. Kov v průběhu protlačování vytéká prstencem mezi průtlačníkem a průtlačnicí a dále se nepřetváří, ale pouze vysouvá. Pokud má průtlačník kuželové čelo, pak se plastická oblast rozšiřuje za hranici čela průtlačníku. [3]

#### 2.5.3.1. Řešení zpětného protlačování podle Dippera

Dipper považuje zpětné protlačování za dvojitý proces pěchování. Nejdříve v oblasti 1 pod průtlačníkem a dále radiálně mezi oblastí 1 a boční stěnou průtlačnice v oblasti 2. V oblasti 3 je kov tuhým spojitým kontinuem a nad čelní hranou průtlačníku k přetvoření nedochází. [3] (Obr. 13.)



Obr.13. Geometrický model zpětného protlačování [3]

#### Předpoklady řešení:

- poměrné přetvoření  $\varepsilon = \frac{\Delta S}{S_o} = \frac{d^2}{D_o^2} \geq 0,5 \div 0,6$  (2.3)
- součinitel plastického tření uvnitř kovu mezi oblastmi 1 a 2  $f_2 = 0,5$
- tření mezi čelem průtlačníku a protlačovaným materiálem a na jeho styku s průtlačnicí odpovídá kluznému tření podle Coulombova vztahu

- pro výpočet dle modelu geometrie Dipper stanovuje logaritmické deformace

$$\text{takto: } \varphi_3 = \varphi_1 + \varphi_2 = \varphi_1 \left( 1 + \frac{d}{8 \cdot s} \right) \quad (2.4)$$

$$\varphi_2 = \varphi_3 - \varphi_1 \quad (2.5)$$

$$\varphi_1 = \ln \frac{h_o}{b} \quad (2.6)$$

$$\text{střední součinitel tření } f_{2stř} = 0,5(f_1 + 0,5)$$

Z rovnováhy sil na tenkém rotačně symetrickém elementu a po úpravě obdržíme diferenciální rovnici rovnováhy 1.řádu homogenní:  $\frac{d\sigma_{z2}}{dz} + \frac{4 \cdot f_{2stř}}{D-d} \cdot \sigma_p = 0$  (2.7)

V 1. oblasti přechování ve směru radiálním plyne, že  $\Sigma F_1 = -d\sigma_{r1} \cdot 2\pi \cdot r \cdot b - 2f_1 \cdot \sigma_{p1} \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr = 0$  (2.8). Po úpravě obdržíme lineární, homogenní diferenciální rovnici rovnováhy, kterou řešíme separací proměnných.

$$\frac{d\sigma_{r1}}{dr} + \frac{2 \cdot f_1}{b} \cdot \sigma_{p1} = 0 \quad (2.9)$$

Matematický popis rozložení osového zatížení na čele průtlačníku.

$$\sigma_{z1} = \left[ 1 + \frac{2 \cdot f_1}{b} \left( \frac{d}{2} - r \right) \right] \cdot \sigma_{p1} + \left[ \frac{4 \cdot f_{2stř}}{D-d} \cdot \frac{b}{2} + 1 \right] \sigma_{p2stř} \quad (2.10)$$

Deformační odpor, jako střední osově napětí, stanovíme integrací po ploše čela průtlačníku. Po provedení integrace a dalších úpravách pak získáme konečnou rovnici pro výpočet deformačního odporu.

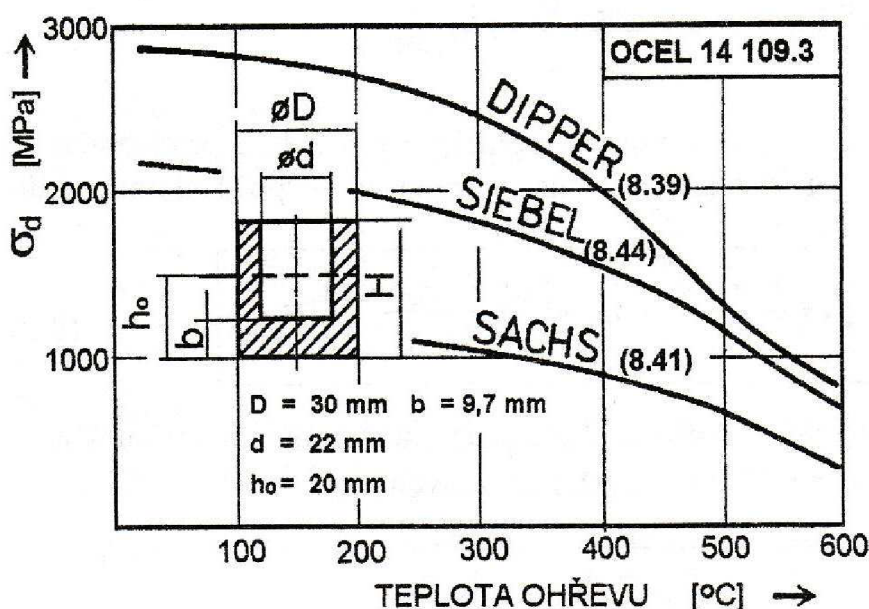
$$\sigma_d = -\sigma_{z1stř} = \frac{1}{S} \int_{(S)} \sigma_{z1} \cdot ds = \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{f_1 \cdot d}{b} \right) \cdot \sigma_{p1} + \left( 1 + \frac{2 \cdot f_{2stř}}{D-d} \cdot b \right) \cdot \sigma_{p2stř} \quad (2.11)$$

Střední hodnotu přirozeného přetvárného odporu v oblasti 2 pro zadanou teplotu a logaritmickou deformaci určíme z křivky zpevnění, z měrných přetvárných prací.

$$\sigma_{p2stř} = \frac{1}{\varphi_c - \varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\varphi_c} \sigma_p \cdot d\varphi = \frac{A_{jC} = A_{j1}}{\varphi_2} \cdot 10^3 \quad (2.12)$$

### 2.5.3.2. Další řešení

Další řešení zpětného protlačování dle Sachse, který provedl řešení se zanedbáním tření na stěně průtláčnice a dospěl k jednoduchému vyjádření deformačního odporu nebo dle Thomsona, ten uvádí i Sachsovu variantu se třením, která vede na numerickou integraci. Jde o řešení zpětného protlačování metodou kluzových čar pak následná metoda horní meze. Siebel uvádí řešení dle osvědčených vztahů, které se používá při protlačování ocelových a mosazných kalíšků s tloušťkou stěny větší jak desetina průměru průtláčníku. Praktický rozdíl v hodnotách deformačních odporů pro tři základní řešení podle Dippera, Sibela a Sachse s vlivem teploty je zřejmý z obr. 14. Z praxe je známo a rozborem odvozených vztahů se dá doložit, že při zpětném protlačování je pro stejné deformace dosahováno vyšších deformačních odporů než při protlačování dopředném. [3]



Obr.14. Vliv teploty na deformační odpor [3]

## 2.6. Nástroje pro zpětné protlačování

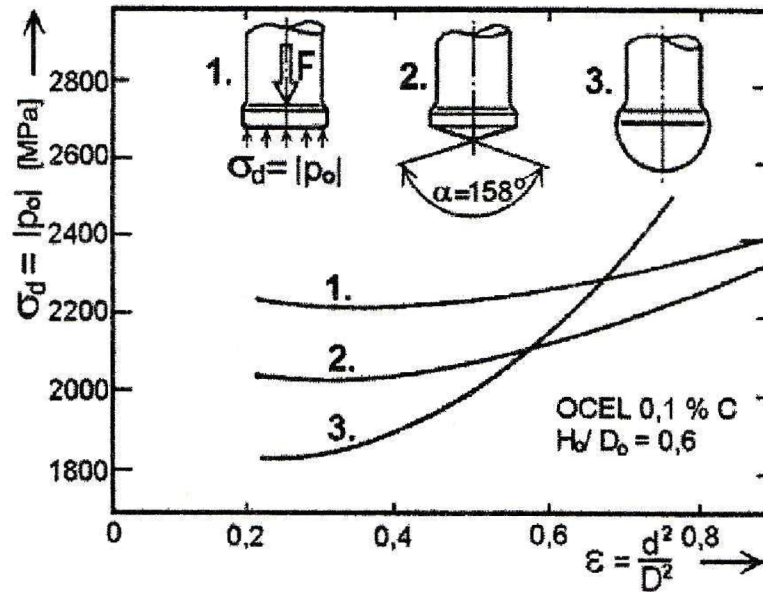
Tvar čela průtláčníku pro zpětné protlačování je rozhodující a podstatně ovlivňuje velikost a průběh protlačovací síly. Optimální tvar je závislý i na teplotě protlačování, také geometrie průtláčníku vychází z tvaru dutiny výsledného polotovaru. (Obr. 15., Obr.16.)

Funkční dutina průtláčnic pro zpětné protlačování je dána tvarem protlačované součásti. Ústí pracovní dutiny je buď zaobleno nebo s kuželovým náběhem pro usnadnění zavádění polotovaru. Zaoblením R1 snížíme koncentraci radiálních napětí. Otevření dutiny s mírnou kuže-

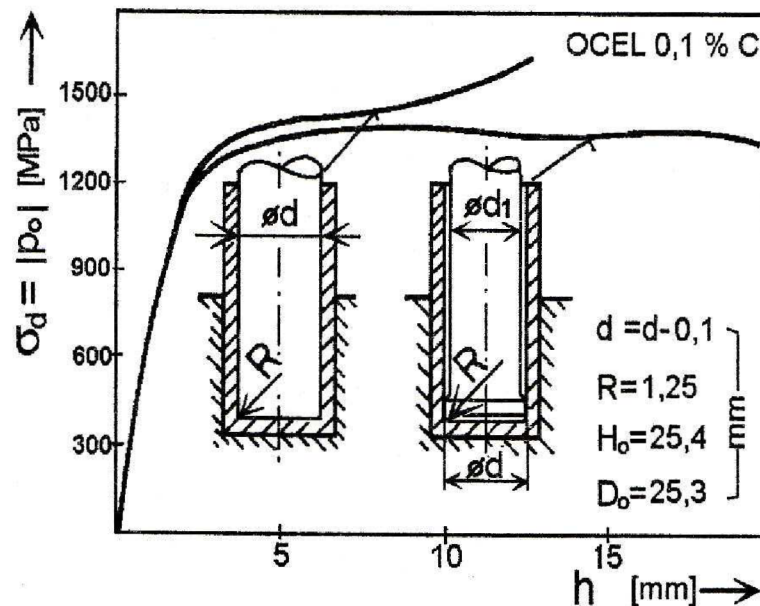
lovitostí je potřebné k zabránění velkých osových tahů při vyhazování průtlačku. Funkční povrch dutiny je broušen a lapován.

Únosnost průtlačnice se zvyšuje radiálním předpětím pomocí jedné nebo více objímek. Jednoduchou průtlačnici bez objímky lze použít pro radiální tlaky do 1000MPa. Tloušťka stěny

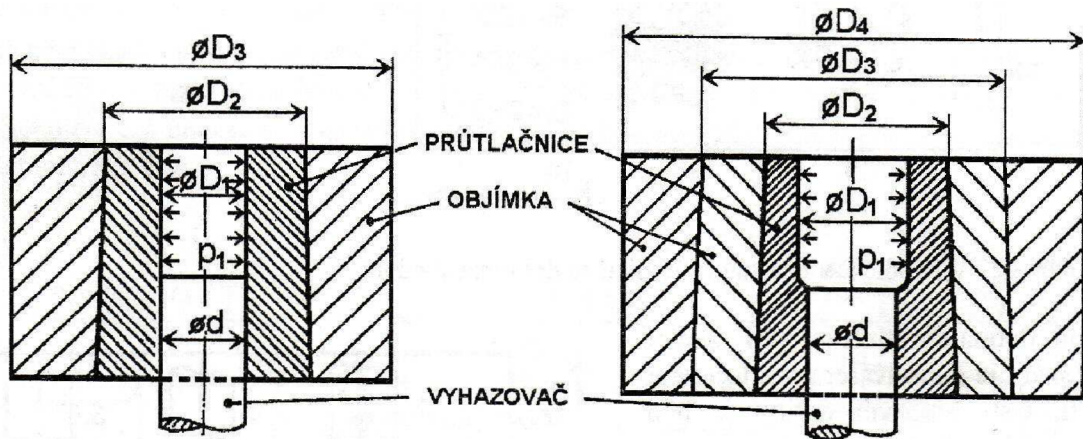
je dána optimálním poměrem  $\frac{D_2}{D_1} = 4$ . [3] (Obr.16, Tab.3)



Obr.15. Vliv tvaru čela nástroje na deformační odpor [3]



Obr.16. Vliv odlehčení dřívku průtlačnice na deformační odpor [3]



Obr.17. Typické tvary průtlačnic a jejich opouzdření [3]

	Průtlačnice	
	s jednou objímkou	se dvěma objímkami
<b>Radiální tlak [Mpa]</b>	1000 až 1600	1600 až 2000
<b>Poměrné průměry</b>	$D_2/D_1=2$ až $2,2$	$D_2/D_1=1,6$ až $1,8$
	$D_3/D_2=2$ až $2,3$	$D_3/D_1=2,2$ až $3,2$
	$D_3/D_1=4$ až $5,5$	$D_4/D_1=4$ až $6$
<b>Stykový průměr</b>	$D_2=\sqrt{D_3D_1}$	-
<b>Přesah [mm] <math>D_2</math></b>	$(0,0055$ až $0,0075)D_2$	$(0,004$ až $0,005)D_2$
<b>Přesah [mm] <math>D_3</math></b>	-	$(0,003$ až $0,004)D_3$

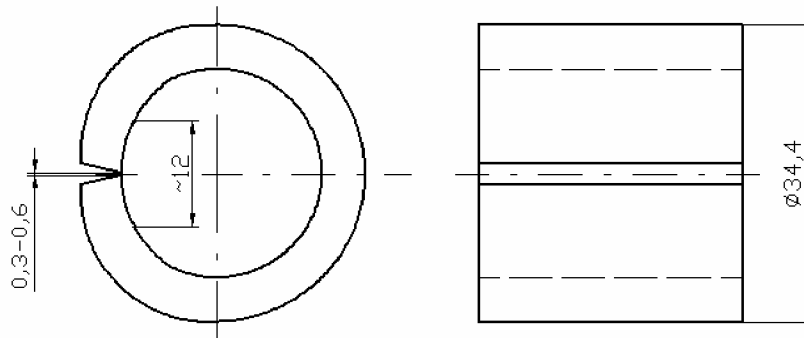
Tab.3. Geometrické parametry průtlačnic

### 3. POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE

#### 3.1. Stáčení pásky

První součastná operace se provádí na jednoúčelovém stroji, mezi podávací válce se vkládá 3m páska, která následným automatickým cyklem ji ustříhne na požadovaný rozměr a následně stočí polotovar bubnu a pomocí vyhazovače kus vyhodí. Kusy padají do pojízdné bedny po cca 1000 kusech(Obr.18).

Kontroluje se délka stříhu a průměr stočeného bubnu.



Obr.18 Stočený buben

#### 3.2. Fosfátování a mýdlování

Tato operace se provádí před tvářením, a to z důvodu zmenšení tření při tváření tzn. větší životnost nástrojů. Do fosfatačního bubnu nasypeme dávku cca 1000 ks a projedeme linkou pomocí zvedacího zařízení následujícím postupem:

- hrubé odmaštění -60-80°C-3.min
- dvoustupňový oplach – voda průtočná teplá - 0,5 min
  - voda průtočná horká – 0,5min
- moření -3-10min
- dvoustupňový oplach – voda průtočná teplá - 0,5 min
  - voda průtočná horká – 0,5min
- aktivační oplach -30-40°C-3-5min
- fosfátování 50-60°C-20min
- protiproudový oplach

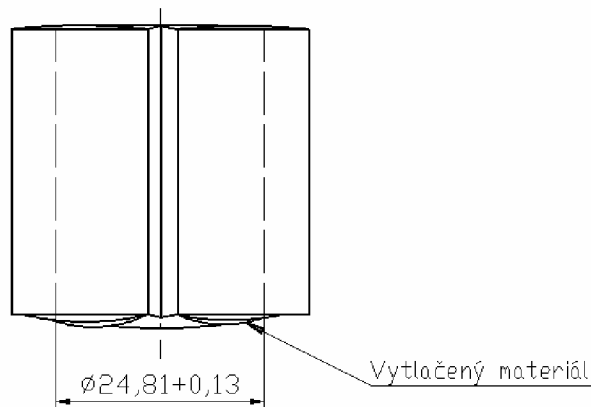
-pasivace 35-45°C-5min

-mýdlovací 60-70°C-3min

-vysypeme obsah koše na sušák, sušíme minimálně 10minut a poté shrneme do připravených beden.

### 3.3. Kalibrace bubnu

Do kolotočového přípravku naskládáme namýdlované stočené kusy, uvedeme stroj do provozu včetně hydrauliky. Jednouúčelový stroj běží v automatickém cyklu, pracovník jen doplňuje průběžně kusy do kolotoče a obsluhuje zároveň dva automaty A40 pro operaci s pořadovým číslem 4. soustružení čela bubnu(Obr.19).

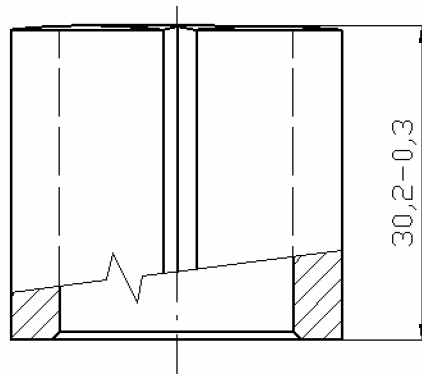


Obr.19. Kalibrovaný buben

### 3.4. Soustružení čela bubnu

Do třecího zásobníku automatu A40 naskládáme bubny, zapneme hlavní spínač a spustíme přívod vzduchu do pneumatického podavače. Kusy orientujeme vytlačeným materiálem vzhůru. Chod stroje se spouští spojkou pohybem do strany. Kontrolujeme množství oleje pro mazání stroje a dle potřeby doléváme cca  $\frac{3}{4}$  konve denně. Během směny vybírat třísky z vany a sypat do připraveného kontejneru. Doplnovat kusy do zásobníku. Pokud olej z vany špatně odtéká, nebo začíná pěnit, je ucpané síto, které je nutno vyčistit od drobných třísek. Obrobené kusy padají do drátového koše, z kterého se shrabují do skluzavky a z ní padají do připravené bedny MARS(Obr.20).





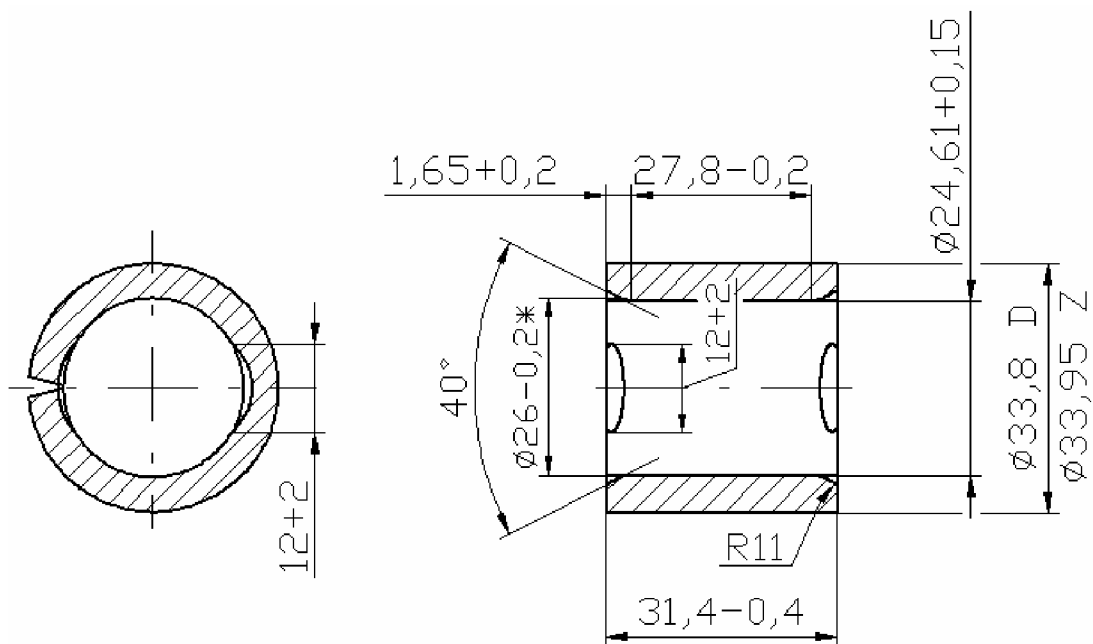
Obr.20. Soustružený buben

### 3.5. Fosfátování a mýdlování

Opět fosfátujeme a mýdlujeme z důvodu následného tváření, postup této operace je shodný s operací č.2.2

### 3.6. Tváření bubnu

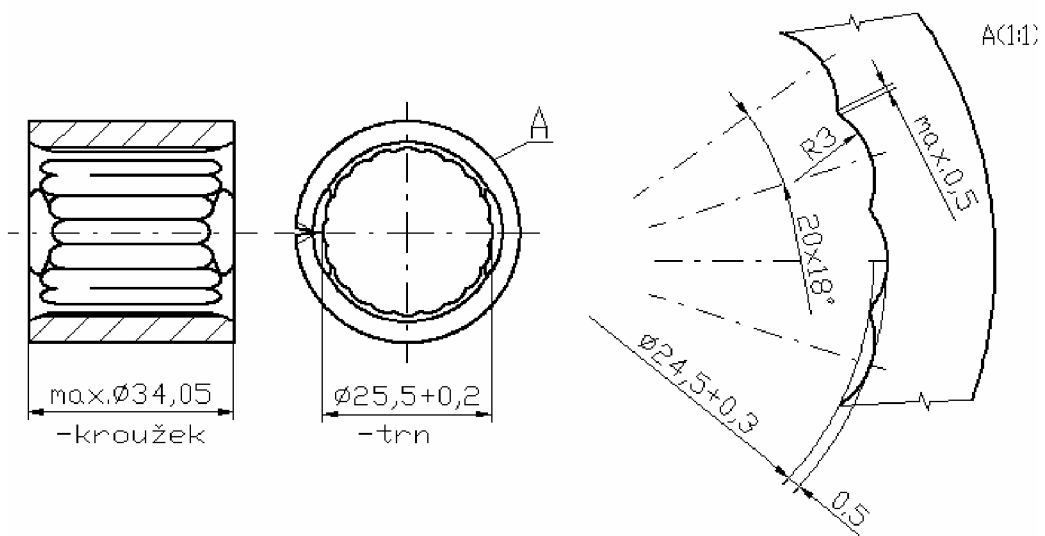
Z předchozí operace dovezeme manipulační vozík a nachystáme k lisu. Vkládáme jednotlivé polotovary bubnu do kroužku spárou na odpružený doraz. Stroj provede automaticky kalibrování vnějšího a vnitřního průměru, tváření rádiusu R11 a odlehčení. Hotové polotovary padají do druhého manipulačního vozíku(Obr.21).



Obr.21. Tvářený buben

### 3.7. Protlačování trnem

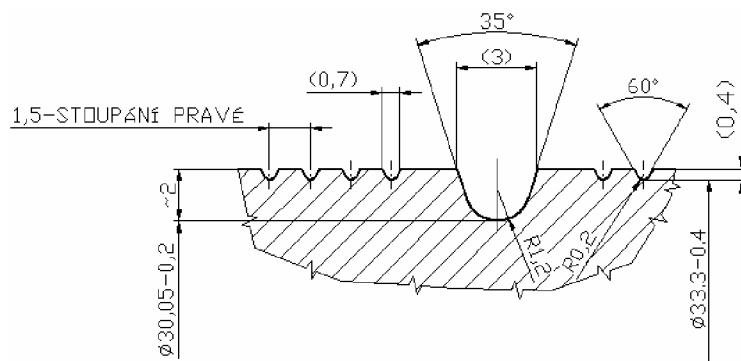
Vkládat po 4 kusech polotovary bubnu do čelisti přípravku, vložit protlačovací trny kolmo(zaoblenou částí) do bubnu, zkontrolovat kolmost založení trnů a spustit beran lisu dvou-ručním spuštěním, čelisti se automaticky zavřou. Stroj provede protlačení trnu kroužkem bubnu(čelisti brání rozevření kroužku bubnu). Hotové kroužky bubnu shazovat do manipulačního vozíku. Po vrácení beranu do horní polohy vložit nové polotovary do kroužků a trny do nich a postup opakovat(Obr.22).



Obr.22. Protlačený buben

### 3.8. Soustružený povrch bubnu

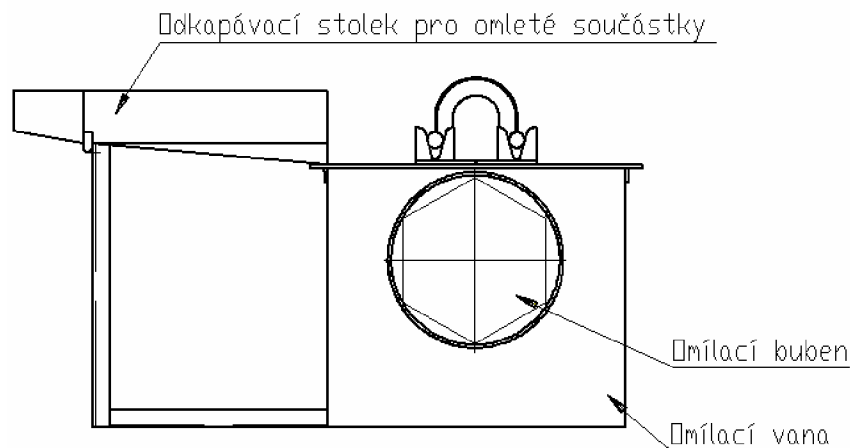
Soustružení probíhá na automatech A40, stejně jak při operaci č.4. Princip soustružení je zcela shodný, tzn. že pracovník vkládá kusy do třecího zásobníku a následně se provádí automatický cyklus, pracovník jen kontroluje rozměry a celkový běh stroje (Obr.23).



Obr.23. Soustružený povrch bubnu

### 3.9. Omílání bubnu

Bubny z přepravního vozíku nasypeme do omítacího bubnu, jedna dávka do bubnu činí 1500ks. Pečlivě uzavřeme buben pomocí víka. Pomocí zvedacího zařízení (max. nosnost 250kg) umístíme buben do omítací vany a nasypeme jednu lopatku Alkonu S. Spustíme el. motor pro otáčení omítacího bubnu a ponecháme v chodu 20minut. Pomocí zvedacího zařízení nad omítací linkou, vyjmeme buben a přesunem nad odkapávací stolek. Odděláme víko a vysypeme polotovary na stolek a ponecháme osušit cca 10min. Bubny nasypat ze stolku do upraveného sinus vozíku(Obr.24).



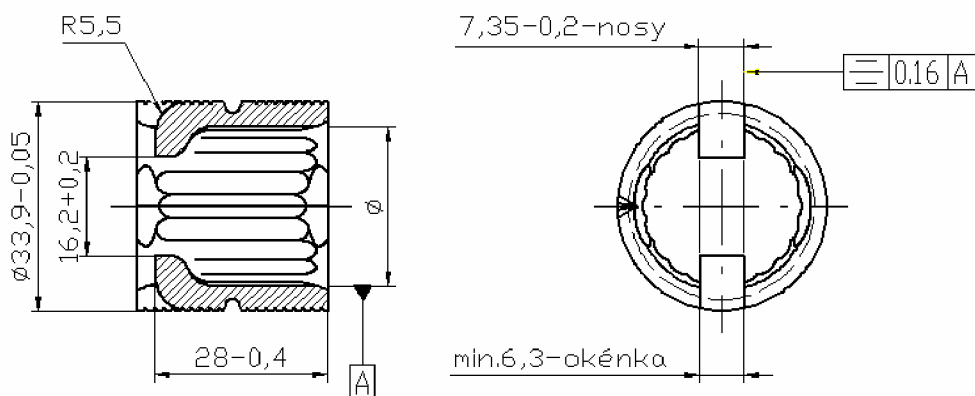
Obr.24 Jednomístná vana s odkapávačem

### 3.10. Fosfátování a mýdlování po omílání bubnu

Opět fosfátujeme a mýdlujeme z důvodu následného stříhu nosu, postup této operace je shodný s operací č.2.2

### 3.11. Stříh nosu s kalibrací

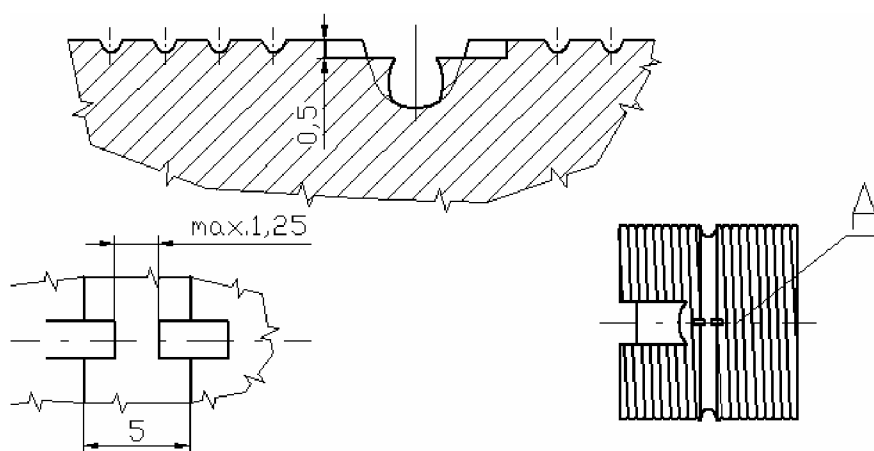
Polotovar bubnu vkládat jednotlivě do kroužků přípravku revolverového podavače drážkou na odpružený doraz. Stroj provede zatlačení polotovaru do pouzdra, stříh a ohyb nosů a při kalibraci vysune polotovar z nástroje. Hotové výrobky padají do připravené bedny. Průběžně doplňovat kusy a kontrolovat výrobky(Obr.25).



Obr.25 Strih nosu

### 3.12. Ražení pojistky pro pérko

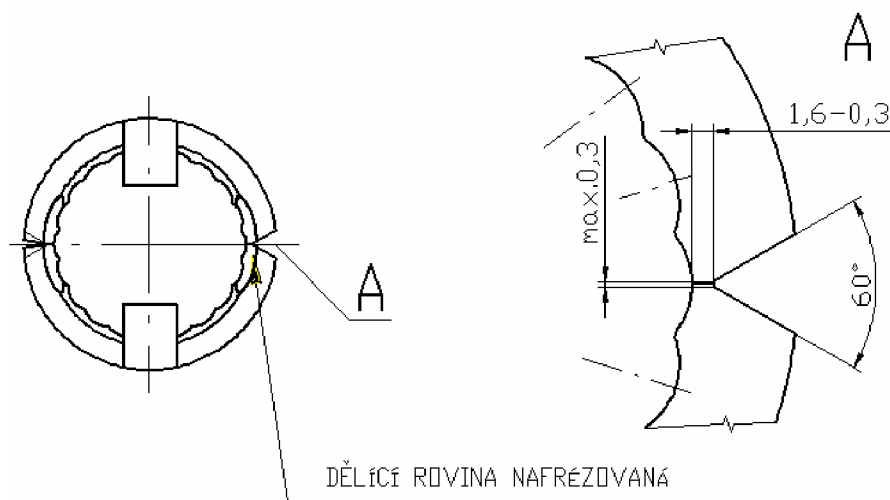
Jednotlivé bubny z předchozí operace narovnat do kruhového podavače nosy dolů. Uvést stroj do provozu. Automatické podávání kusů v cyklu a vylisování pojistky proti otočení pérka. Hotové výrobky padají do připravené bedny. Průběžně doplňovat do podavače a kontrolovat hotové bubny(Obr.26).



Obr.26 Pojistka pro pérko

### 3.13. Rozfrézování bubnu

Výrobky z předchozí operace narovnat do šikmého vedení podavače, nosy dolů, správně zapolohovat vůči poloze frézy. Před spuštěním stroje nesmí být v upínači podavače obrobek. Průběžně doplňovat do podavače a kontrolovat hotové bubny. Stroj provede rozfrézování bubnu. Hotové výrobky padají do připravené bedny. Průběžně doplňovat kusy a kontrolovat hloubku drážky(Obr.27).



Obr.27 Rozfrézovaný buben

### 3.14. Navazování pro kalírnu

Na stůl si připravit kusy na navazování, drát  $\square$  1,1-1,6mm, délky 1200mm. Uchopit drát, jeden konec ohnout. Navlékat osazením nahoru 30ks. Konec drátu svázat, zavěsit na speciální kalírenský vozík po dvou drátech na 1hák, horní kusy musí být od háku dostatečně vzdáleny.

### 3.15. Cementace kalení popuštění

Jedna s nejdůležitější technologických operací je zušlechtnění. V případě brzdového bubnu jde o cementaci a kalení. Postup zušlechtnění je:

- převěsit 1500ks na jeden háček dávat po 3 svazcích z přepravního vozíku na pracovní věšák. Na drát navěsit zkušební plochý vzorek ke každé dávce.
- Předehřev v předehřívací peci při teplotě 350°C po dobu 30minut, dávka 1500 kusů.
- cementace při teplotě 910°C po dobu 150min. Automatické dávkování z vibrátoru Cecontrollem, nastavení velikosti dávky je po 4 tabletách 1x za 4minuty. Hladina lázně musí být zasypána aktivátem WV. Před vytažením zboží rozrušit vrstvu grafitu na hladině.
- Kalení a popuštění rychlým převozem tyče do termální lázně AS 140, následně druhé i třetí tyče, teplota lázně 180°C, po dobu 60minut. Teplota lázně se udržuje automaticky, do lázně je potřeba pravidelně dolévat vodu, to se děje automaticky.

- oplach a odložení celé vsázky cca 1500ks se provádí po řádném odkapání soli. Voda o teplotě 50°C po dobu cca 10minut.

- Druhý stupeň oplachu při teplotě 70°C po dobu cca 10minut. Při oplachu probíhá probublávání vzduchem.

- Sušení při teplotě 50°C po dobu 20minut, dávka 1500kusů.

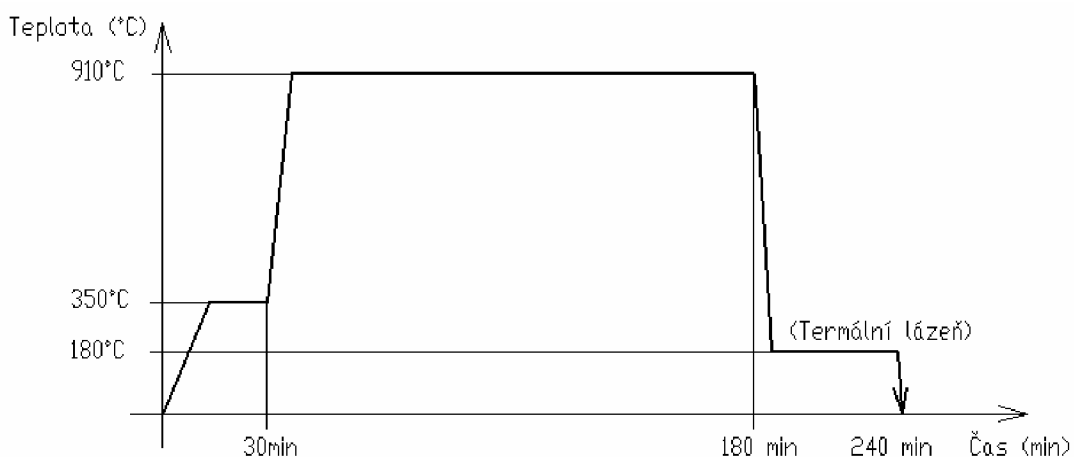
- Ukládat do fosfatačních košů po 1500kusech

- Diagram průběhu(Obr.28)

Mezi jednotlivými pracovními úkony převážet vsázku pomocí zvedacího zařízení.

Požadovaná síla cementační vrstvy 0,3-0,5mm.

Požadovaná tvrdost na plochem vzorku minimálně 75 HRA se kontroluje na Rockwellově tvrdoměru dle směrnice.



Obr.28 Diagram časového a teplotního průběhu

Aby bylo možno ocel účinně zakalit, tj. získat kalením vysokou tvrdost, musí být kalitelná. Kalitelnost závisí především na obsahu uhlíku. Čím vyšší je obsah uhlíku, tím je ocel pro zakalení tvrdší. Tvrdost pro kalení je závislá i na kalící teplotě.

U mnoha výrobků, zejména z konstrukčních ocelí, je důležitá nejen tvrdost po kalení, ale i hloubka zakalení, resp. možnost zakalit součást v celém průřezu, které jsou dány prokalitelností oceli. Prokalitelnost oceli závisí především na obsahu přísad a je dána v podstatě tvarem diagramu anizotermického rozpadu austenitu, zejména kritickou rychlostí ochlazování. S rostoucím obsahem slitinových přísad klesá kritická rychlost ochlazování a v odpovídající míře roste hloubka prokalení. [ 4 ]

### 3.16. Moření a fosfátování

Před konečnou montáží buben povrchově upravíme a to mořením a fosfátováním z důvodu dlouhodobé životnosti vůči povětrnostním vlivům.

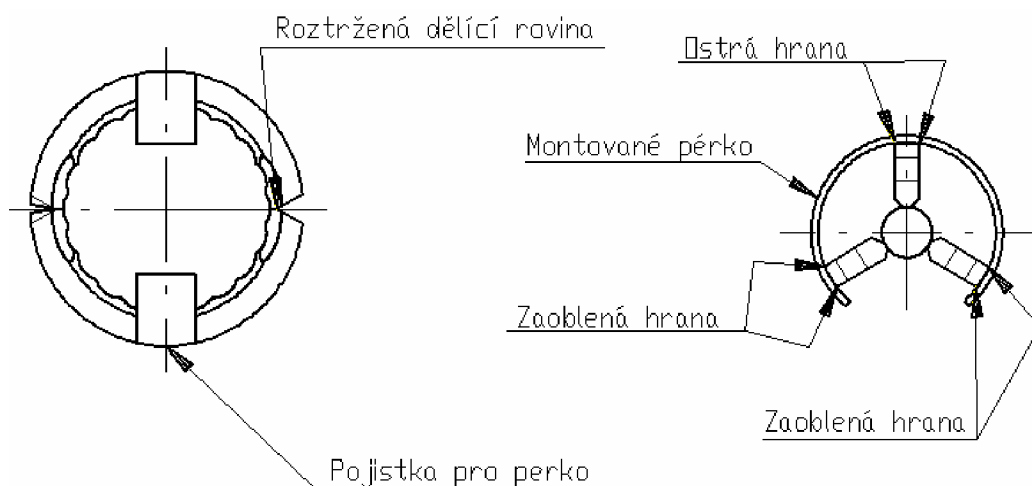
### 3.17. Třídění ocelového bubnu

Kusy z bedny vysypat na pracovní stůl. Třídít kusy na vzhledové vady, kterými jsou především ostříny, vyštípané místa, rezavé, poloha odlehčení vůči nosům, ražení pro pérko, provedení drážky a šroubovice. Dobré vytříděné kusy odkládat zpět do beden MARS 20 po 150ks.

### 3.18. Montáž brzdového bubnu

Výrobky z předchozí kontrolní operace narovnat na plochu stroje, vlevo pérka a napravo bubny. Na montážní trn vložít pérko mezerou k sobě. Do trhacího přípravku napravo vložít buben. Dvouručním spouštěním roztrhnout buben a obě poloviny přendat na montážní trn s pérkem, pojistkou k sobě. Dvouručním spouštěním provést montáž pérka. Smontovaný buben prohodit kontrolním kroužkem do bedny MARS 20, cca 150ks. Buben, který neprojde, odložit stranou. (Obr.29)

Kontrolovat polohu pérka s pojistkou a průměr smontovaného bubnu. Každý kus se prohodí kontrolním kroužkem. Průběžně kontrolovat vzhledově kvalitu povrchové úpravy a polohu pérka.



Obr.29 Smontovaný buben

### 3.19. Zhodnocení stávající technologie

Dříve se brzdový buben vyráběl soustružením z tyčového polotovaru, což bylo velmi neekonomické. Z tohoto důvodu se dospělo k variantě tváření. Rozhodlo se vyrábět buben z pásky, která se bude stáčet a dále opracovávat. Velkou výhodou tohoto řešení je maximální využití materiálu. Později se v hromadné výrobě začali ukazovat nedostatky tohoto řešení. Především nepřesnosti tzn. veliká zmetkovitost a zdražování přesného materiálu.

Hlavními příčinami nepřesnosti je samotné řešení výroby bubnu. Již při stáčení bubnu je tloušťka stěn rozdílná, tím pádem není souosost vnějšího a vnitřního průměru. A při následném tváření se nepřesnost stále udržuje, také při stočení vznikne pružný element, který při postupným obrábění má špatný vliv na přesnost. Hlavně po kalení, se bubny deformují. Deformace se nedá přesně určit, v závislosti na toleranci součásti a chemické čistoty daného polotovaru. Při nákupu co nejlevnějších polotovarů se snižuje přesnost a kvalita, proto se začíná hledat řešení, které je ve výsledku nejekonomičtější.



## 4. NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY TVÁŘENÍM

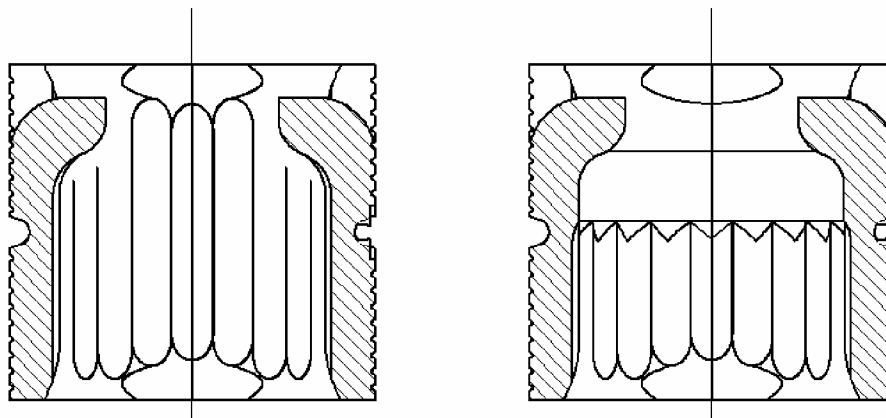
Vzhledem k možnostem dané firmy a její zvolený směr výrobní technologie, která se ubírá na lisování za studena. Tyčový polotovár se řeže pásovými pilami na požadovaný rozměr.

Při návrhu polotovaru vycházím ze základních požadavků při tváření za studena.

### 4.1. Stanovení tvaru a rozměru polotovaru

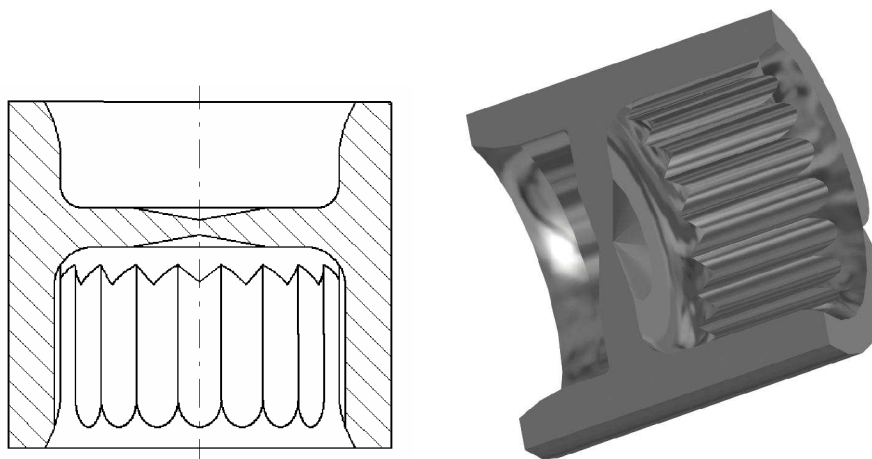
#### 4.1.1. Změna tvaru obrobku

Při změně technologie výroby, dochází zároveň i ke konstrukčním úpravám konečného tvaru brzdového bubnu. Buben již nemá po celé dráze vnitřní drážky, drážky jsou jen ve funkčním místě. Porovnání současného tvaru a nového tvaru zabírací hlavy je na obr. 30, znázorněno v částečném řezu.



Obr.30 Současný(vlevo) a nový tvar brzdového bubnu

Z nového tvaru brzdového bubnu je pak z ohledem na zásady pro objemové tváření navrhnut výchozí tvar vylisku pro způsob lisování bez křivek a s křivkami (obr. 31 ).



Obr.31 Navrhnutý tvar vylisku

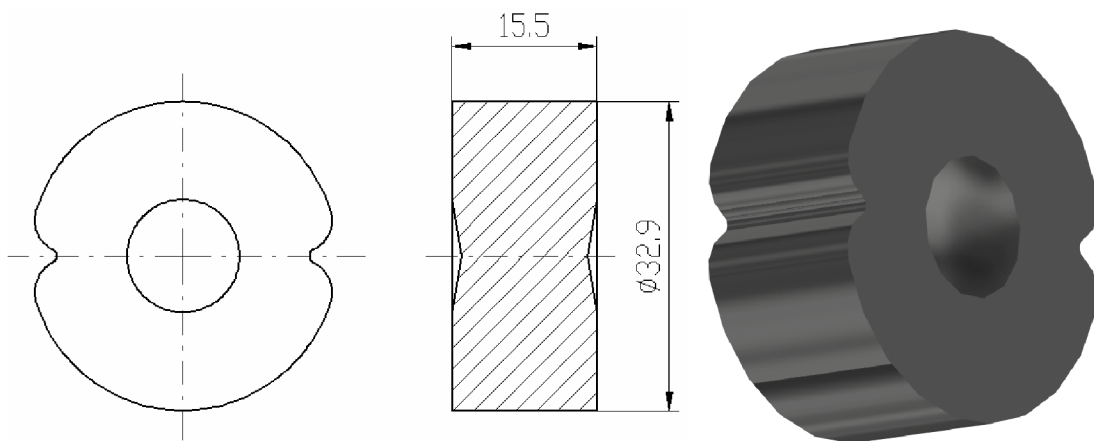
#### 4.1.2. Předlisovaný polotovár

##### Možné varianty:

Původní záměr, bylo lisování navrženého polotovaru hned v první operaci. Vzhledem k tomu, že se počítá s předlisováním dělicí roviny, by tečení materiálu bylo velmi komplikované a v kritické části by materiál nemusel dotéct. Zápustka by v bodech dělicí roviny byla velmi namáhána (v průměru velké přetvoření materiálu).

Proto při konzultaci s odborníky jsem volil variantu s předpěchováním polotovaru i s dělicí rovinou, také se předlisuje naváděcí kuželová plocha.

Tvar a rozměr se volil dle konečného tvaru, ale zmenšen o vůli. Naváděcí kuželová plocha slouží k zajištění polohy polotovaru při lisování tzn. vystředění polotovaru a tím pádem je zajištěná souosost. Zamezení negativních neosových sil působené na nástroje lisu. (Obr. 32).



Obr.32 Navrhnutý tvar předvylisku

#### 4.1.3. Výchozí polotovár

Jako polotovár je volena rondel kruhového průřezu, získána rozřezáním tyče. Z navrženého tvaru součásti pro objemové tváření za studena se vypočítal pomocí kreslicího programu AutoCAD objem, a ze vzorce pro válec se vypočítá potřebná délka polotovaru. Průměr polotovaru byl zvolen 26 mm v závislosti na nejmenší průměr přes dělicí rovinu.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l \quad \text{z tohoto vzorce se odvodí} \Rightarrow l = \frac{V}{\pi \cdot r^2} = \frac{13696,32}{\pi \cdot 13^2} = \underline{25,81\text{mm}} \quad (4.1)$$

Velikost kalot pro objemové tváření dle výpočtu volím: **Ø26 – 25,9+ 0,5**

## 4.2. Volba materiálu polotovaru

Jako výchozí materiál lisovaných výlisků volím ocel 12 010.0 dle ČSN 41 2010 (DIN CK 10, W. Nr. 1.1121) bez tepelné úpravy. Tato ocel je vhodná pro součásti lisované za studena a zároveň má dobrou obrobitelnost, kterou je potřeba na dokončovací operace pro obrábění na automatech.

- **Chemické složení oceli:**

<b>Chemický prvek</b>	<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>Cr</b>
<b>Obsah prvku [hm %]</b>	0,07-0,14	0,35-0,65	0,15-0,40	Max 0,15
<b>Chemický prvek</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
<b>Obsah prvku [hm %]</b>	Max. 0,3	Max. 0,3	Max.0,040	Max.0,040

Tab. 4 Chemické složení materiálu 12010

- **Vliv chemických prvků na vlastnosti materiálu:**

### Mangan

Používá se jako dezoxidační prostředek při výrobě oceli a zároveň jako prvek, který chemicky váže síru. Do obsahu 0,8-0,9 % se mangan nepovažuje jako legující prvek. Při nízkém obsahu uhlíku zvyšuje mangan vrubovou houževnatost. Má vliv také na hloubku zakalené vrstvy a umožňuje prokalení větších průřezů.

### Křemík

Tento prvek se používá při výrobě oceli jako dezoxidační přísada, ocel neuklidněná neobsahuje téměř žádný křemík a ocel uklidněná asi do 0,25 % křemíku. Vyšší obsah křemíku 0,4-0,5 % zvyšuje pevnost a snižuje plasticitou deformaci, což může mít za následek vzniků lomů. Obsah tohoto prvku v oceli zvyšuje teploty žíhání i kalení a zvyšuje prokalitelnost.

### Chrómov

Chrómov je nejdůležitější legující prvek pro hodnotné konstrukční oceli, ovšem malý obsah cca do 0,3 % se do oceli dostává z odpadu.

### Nikl

Obsah 0,2-0,3 % se vyskytuje často v ocelích, do nichž přichází z odpadu a toto množství nemá v oceli téměř žádný význam.

### Fosfor a síra

Tyto chemické prvky jsou brány jako nečistoty a nemají na vlastnosti materiálu téměř žádný vliv.

- **Mechanické vlastnosti oceli:**

<b>Mez kluzu <math>R_e</math> [ MPa ]</b>	225
<b>Mez pevnosti <math>R_m</math> [ MPa ]</b>	min 390
<b>Tažnost <math>A_5</math> [ % ]</b>	26
<b>Tvrдость HB</b>	min 111
<b>Kontrakce <math>Z</math> [ % ]</b>	55

*Tab. 5 Mechanické vlastnosti*

### **4.3. Volba tvářecího nástroje a volba materiálu**

Materiál se zpracovává do žádaného tvaru různými technologickými postupy pomocí technologických zařízení, strojů a nástrojů. Na výkonnosti strojů a vlastnostech nástrojů závisí do značné míry produktivita práce ve strojírenství. To platí zejména o řezných a tvářecích nástrojích a formách pro tlakové lití v sériové nebo hromadné, vysoce mechanizované či automatizované výrobě, kde ztráty výroby, spojené s výměnou nástroje, mnohokrát převyšují cenu nástroje.

Od materiálu na nástroje se požaduje obecně řada základních vlastností, jako vysoká tvrdost, pevnost, dostatečná houževnatost, stálost vlastností za tepla, odolnost proti opotřebení, prokalitelnost atd.. Optimální kombinace, se zřetelem na charakteristické namáhání nástroje, se dosáhne volbou materiálu nástroje a jeho tepelným zpracováním.

Vzhledem k charakteristice výrobě a předpokladu, že během tvářecích procesů bude docházet k velkým deformacím a napěťovým stavům, bude nezbytně nutné navrhnout takovou koncepci nástroje, který bude schopen vydržet cyklické namáhání a bude schopen zajistit plynulý chod výroby.

Na trvanlivosti nástrojů bude mít velký vliv také vhodná volba jakosti materiálu, tepelné zpracování, popřípadě i povrchová úprava. Teprve vhodnou kombinací těchto faktorů dosáhneme požadovaného výsledku.

#### 4.3.1. Materiál průtlačníku K 360 ISODUR ( ocel pro práci za studena )

Böhler K360 je nový materiál z řady oceli pro práci za studena s 8 % obsahem chrómu. Vyznačuje se vysokou houževnatostí, mimořádnou odolností proti tlakovému zatížení, ve spojení s dobrou odolností proti abrazivnímu jako i adhezivnímu opotřebení. K360 je ocel s rozvojem sekundární tvrdosti při popouštění, s dobrou odolností proti popouštění, je vhodná pro nitridování v lázni, plazmou, plynem i pro povlakování procesem PVD. [ 7]

Chemický prvek	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	+Al
Obsah prvku [hm %]	1,25	0,90	0,35	8,75	2,7	1,18	+Nb

*Tab.3 Chemické složení oceli K 360*

- **Tepelné zpracování**

##### Kalení

Stupňovitý ohřev na austenitizační teplotu 1040 až 1080°C, výdrž na této teplotě po prohřátí celého průřezu 15-30 minut.

Ochlazovací prostředí: - olej, solná lázeň, vzduch, tlak vzduchu, N<sub>2</sub> .

Dosažitelná tvrdost po kalení 61 – 64 HRC.

##### Popuštění

Pomalý ohřev na popouštěcí teplotu bezprostředně po kalení, výdrž na teplotě 1 hodinu na každých 20 mm tloušťky, nejméně však 2 hodiny, ochlazování na vzduchu. Požadovaná tvrdost po teplem zpracování 60 ± 1 HRC.

Pro zvýšení efektivnosti a životnosti nástroje navrhuji povlakování metodou PVD (nanostrukturové povlakování). Tento způsob povrchové úpravy zajistí velkou tvrdost na povrchu nástroje ( okolo 7000 HV – dle povlaku ) a přitom můžeme mít měkčí jádro vně razníku, které bude houževnatější.

#### 4.3.2. Materiál průtlačnice a vyhazovače ocel 19 830 (DIN HS6-5-2, W. Nr. 1.3343)

Rychlořezná molybdenwolfránová ocel s vysokou houževnatostí, dobrou odolností proti popuštění a opotřebení. Používá se pro řezné nástroje, pro stříhání, pro tváření za tepla i za studena. Pro velmi namáhané tvarově jednodušší nástroje pro ražení materiálů menších tloušťek, průtlačníky na ocel pro nejvyšší tlaky a velké série [ 5].

Chemický prvek	<b>C</b>	<b>Cr</b>	<b>Mo</b>	<b>W</b>	<b>V</b>
<b>Obsah prvku [hm %]</b>	0,80-0,90	max. 0,45	4,50-5,50	5,50-7,00	1,5-2,20
Chemický prvek	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	
<b>Obsah prvku [hm %]</b>	max. 0,45	max. 0,45	max. 0,45	max. 0,45	

Tab. 4 Chemické složení oceli 19 830:

- **Tepelné zpracování**

Žihání na měkko: 800-840 °C ochlazování v peci, max. tvrdost 270 HB

Žihání ke snížení pnutí: 700-750 °C ochlazování v peci

Kalení: 1150-1250 °C ochlazování v oleji, solné lázni

Prokalitelnost: v celém průřezu používaných nástrojů

Popouštění: 560-580 °C min 3x1/2 až 2 hod

Tvrdost: obvykle 65 - 66 HRC nebo podle potřeby

Teploty přeměn:  $A_{c1} \sim 820 - 870$  °C,  $M_s \sim 155 - 165$  °C

<u>Teplota [ °C ]</u>	520	540	560	580	600	620
<b>Tvrdost HRC</b>	63	65	66	65	64	62

Tab. 5 Závislost tvrdosti na popouštěcí teplotě

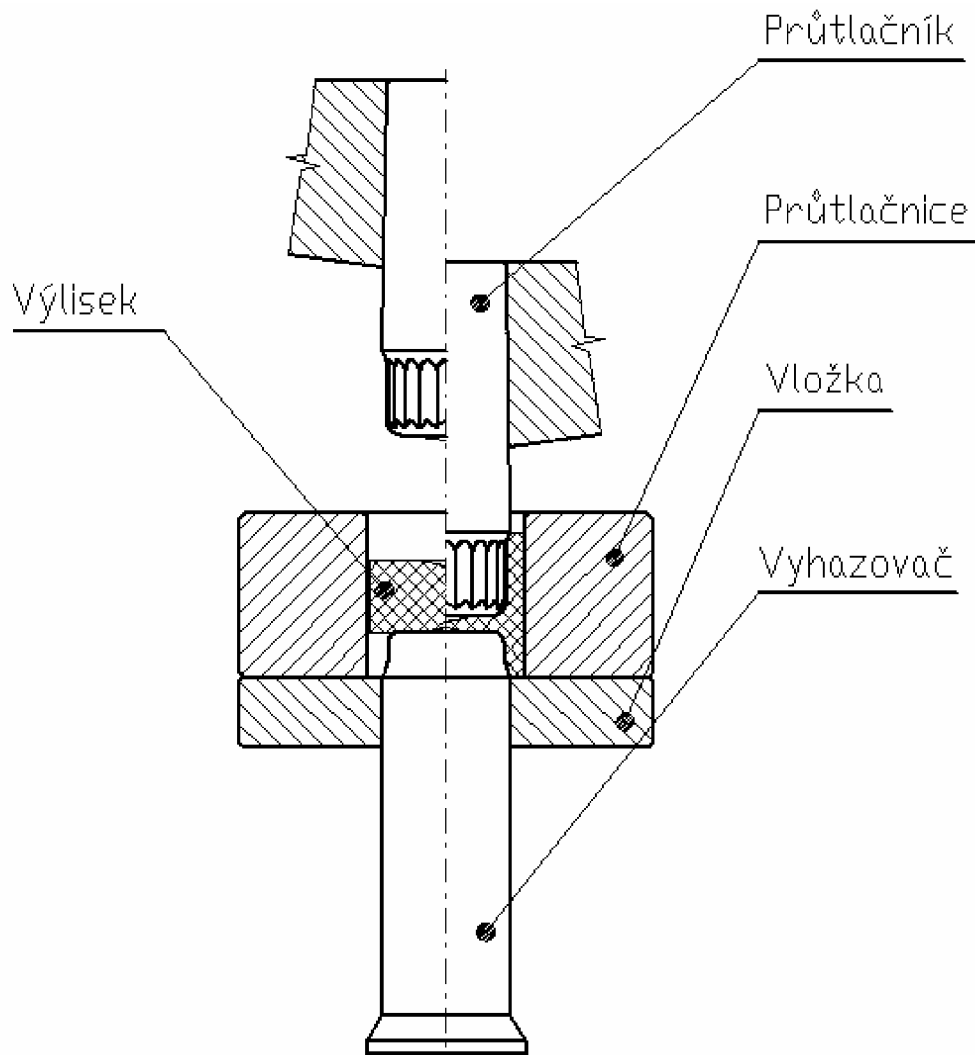
#### 4.4. Konstrukce tvářecího nástroje

Při konstrukci nástroje se zaměřím na samotné tváření (tzn. druhá tvářecí operace), protože přeliso-  
 vání polotovaru je v zásadě jen jednoduché pēchování.

##### 4.4.1. Složený nástroj

Pro operaci tváření za studena je navržen složený nástroj. (Obr.33). Skládá se ze zápustky, razníku a vyhazovače. Jednotlivé části tvářecího nástroje jsou rozkresleny do výrobních vý-  
 kresů a zařazeny v přílohách. Celková sestava nástroje je naznačena také v příloze.

Zápustka se nalisuje objímky, a celek se nalisuje do bandáže, která je opatřena upínacími  
 elementy pro stůl lisu. Bandáž se nahřeje na určitou teplotu, tím se místo okolo vložení cel-  
 ku mírně, vlivem teplotní roztažnosti, roztáhne a celek se do něj nalisuje s minimálním pře-  
 sahem.



Obr.33 Složený nástroj

#### 4.4.2. Průtlačnice(zápustka)

##### 4.4.2.1. Výpočet rozměrů objímky a zápustky

Vzhledem k tomu, že je předpoklad lisování stotisícových sérií, je potřeba, aby nástroj vydržel co nejdéle, nejen po stránce abraze, ale i únosnosti(vznik prasklin). Proto pro zvětšení únosnosti bude zápustka vložena do objímky.

Pro optimalizaci lisovnice s jednou objímkou volím program „**optim97.exe**“. V programu se zadaly vlastnosti materiálu lisovnice a objímky, vnitřní rozměr a omezující rozměr stroje(vnější rozměr objímky),podmínky únosnosti a podmínky pouzdření.(Příloha 1-3)

Volím dvě varianty řešení a to s nalisováním za tepla a nebo za studena.

*Varianty:*

a) Vypočtené hodnoty - pouzdřeno za studena na kuželovou plochu (Tab.6)

Název	Symbol	Hodnota
Poměrný dělicí poloměr	$r_2/r_1$ [mm]	1,95157
Maximální radiální tlak	$p_1$ [MPa]	1196,30000
Kontaktní tlak	$p_2$ [MPa]	670,87456
Dělicí poloměr	$r_2$ [mm]	33,17676
Vypočtený přesah	$2\Delta r$ [mm]	0,43866
Kontaktní předpětí	$p_2$ [MPa]	423,07276
Stažení vnějšího $\Phi$ lisovnice	$2\Delta r_2$ [mm]	0,17636
Roztažení vnitřního $\Phi$ objímky	$2\Delta r_{22}$ [mm]	0,26230
Zvětšení kontaktního tlaku od p	$p'_2$ [MPa]	247,80180
Konstrukční přesah	$2\Delta r_s$ [mm]	0,43866
Stažení konstrukčního $\Phi$ lisovnice	$2\Delta r_1$ [mm]	-0,17776

Tab. 6

b) Vypočtené hodnoty - pouzdřeno za tepla (ohřev s vyrovnáním teploty) (Tab.7)

Název	Symbol	Hodnota
Poměrný dělicí poloměr	$r_2/r_1$ [mm]	2,14714
Maximální radiální tlak	$p_1$ [MPa]	1507,10000
Kontaktní tlak	$p_2$ [MPa]	626,76421
Dělicí poloměr	$r_2$ [mm]	36,50146
Vypočtený přesah	$2\Delta r$ [mm]	0,44608
Kontaktní předpětí	$p_2$ [MPa]	386,63408
Stažení vnějšího $\Phi$ lisovnice	$2\Delta r_2$ [mm]	0,15703
Roztažení vnitřního $\Phi$ objímky	$2\Delta r_{22}$ [mm]	0,26230
Zvětšení kontaktního tlaku od p	$p'_2$ [MPa]	240,13013
Konstrukční přesah	$2\Delta r_s$ [mm]	0,49068
Stažení konstrukčního $\Phi$ lisovnice	$2\Delta r_1$ [mm]	-0,15261
Teplota potřebná k ohřevu objímky	[°C]	568,23000

Tab. 7

Z vypočtených hodnot vyplývá, že při zalisování zápustky do objímky se nepatrně změjí vnitřní průměr lisovnice, což znamená, že při samotné výrobě zápustky se musí s touto změnou počítat. Jsou v podstatě dvě možnosti, první s možností je dobroušení (lapování) zápustky až po jejím zalisování. Druhá možnost je již při konstrukci počítat se stažením zápustky (tzn. vytvořit vnitřní linii o rozměr stažení větší).

Vzhledem ke tomu, že otvor není rotačního tvaru, ale jsou výstupky, proto volím druhou možnost a to již vytvoření linie o rozměr stažení větší.

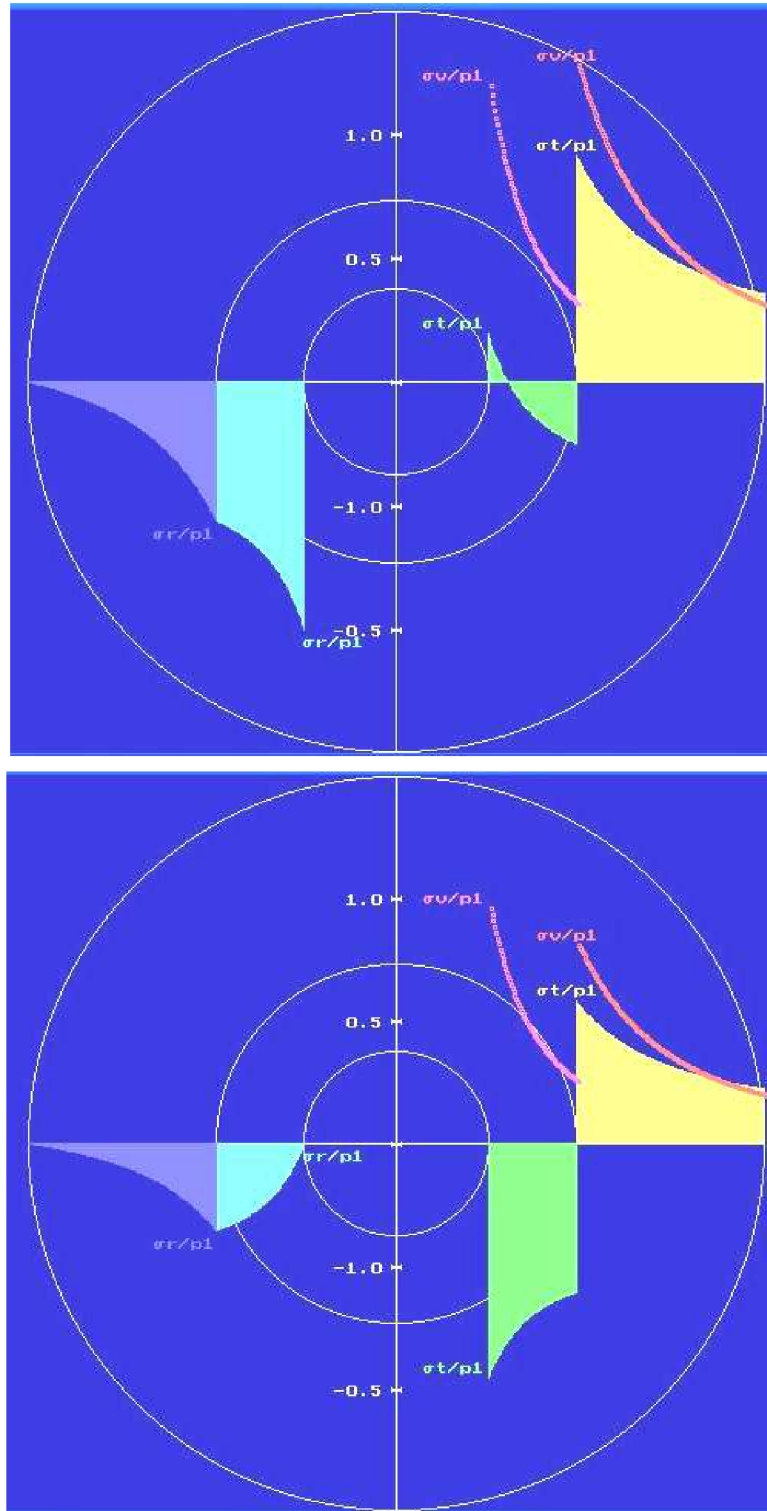
Dále při uložení sestavy do lisu musíme počítat, že se vnější průměr objímky roztáhne o rozměr viz. tabulka 6-7.

Z tabulky také při konstrukci nástroje použijeme přesah pro nalisování.



**Volím variantu b)** a to z důvodů jednoduchosti (nemusí se přehřívát) nalisování, a také především proto, že se nebude po nalisování již upravovat vnitřní průměr zápustky. Po ohřátí by se mohla zápustka deformovat a povrch by nebyl zcela hladký a čistý. (Obr.34)

Vypočtená data použiji při návrhů rozměrů zápustky.



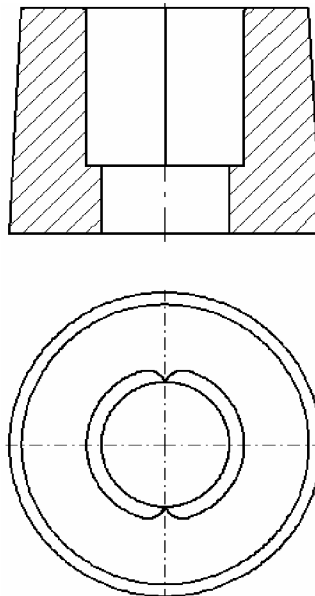
Obr.34 Grafický výstup programu „optim97.exe“, nahoře za provozního zatížení, dole po montážním zalisování [8]

#### 4.4.2.2. Konstrukční řešení zápustky a její výroba

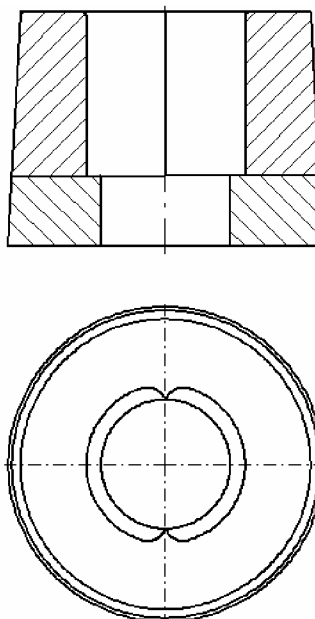
Požadovaný tvar zápustky je na obr.35, tvar je částečně uzavřený. Pokud by byla zápustka jednoduchá, tzn. válcového tvaru, bylo by možno bez zjevných problémů ji vyrobít. Zápustka má výstupky, které naznačují dělicí rovinu výrobku. Z tohoto důvodu musí být zápustka dělená viz. obr.36., tzn. činná zápustka+vložka(vede vyhazovač a tvoří dno zápustky).

Výroba zápustky se může provádět různými způsoby. Tvarové frézování, řezání laserem, tvarové broušení, řezání na drátovce atd..

Vzhledem ke zkušenostem a ceně bych doporučoval výrobu zápustky metodou řezání na drátovce a následnému ručnímu doleštění výsledného povrchu.



Obr.35 Požadovaný tvar zápustky



Obr.36 Výsledný tvar zápustky

### 4.4.3. Průtlačník(razník)

#### 4.4.3.1. Konstrukční řešení razníku

Vzhledem k tomu, že je součást ve vnitřní dutině tvarově složitá, musí i razník splňovat tvarové požadavky a hlavně pevnostní a tvarovou stálost. Na životnosti razníku a tím i produktivity práce má vliv opotřebování funkčních částí. To se projevuje nepřesnostmi rozměrů výtlačku, a to buď zmenšováním průměru nebo naopak zvětšováním ( vzniká napěchováním buď razníku nebo vyhazovače ).

Razník je nalisován do vložky a ta je nalisována jako celek do horní bandáže lisu.

Razník je má na povrchu drážky které korespondují s drážkami výrobku, tyto drážky budou složité na výrobu.

#### 4.4.3.2. Navrhovaná výroba průtlačníku

Důležitým aspektem pro jakost výrobku je kvalita nástrojů, razník je součást sestavy nástroje, který podléhá velkému opotřebení a tím pádem. Z toho vyplývá, že je důležitý povrch činné části nástroje (obecně čím hladší povrch, tím delší životnost za předpokladu dodržení požadované pevnosti). Požadavek na životnost nástroje je cca 70 000ks.

##### *-broušení*

Jedna z možností výroby je tvarové broušení drážek po zakalení. Před zakalením se drážky nahrubují (obrážekou, protlačení přes tvarový kroužek apod.). Tato varianta se zdá být nejrychlejší možnou výrobou pro kusovou výrobu nástrojů, ale bude nákladná.

##### *-pěchování*

Další možností je vyrobení zápustky a polotovaru razníku napěchovat, tím se vytvoří profil razníku, který je i povrchově zpevněn. Po zakalení se povrch vyleští (maximálně lehce přebrousí). Vyplatí se při větším objemu výroby průtlačníků.

##### *-slinování*

Vyrobění funkční části nástroje na zakázku ze slinutého karbidu. Nástroj dělený na funkční část a stopku, stopka je vyrobena z nástrojové oceli klasickým výrobním procesem, funkční část tvarově složitá je slinuta. Výsledkem je velmi odolný nástroj proti otěru a napěchování, ale za to je křehký. Nákladná výroba, zvážit únosnost slinutého karbidu v závislosti na požadované houževnatosti nástroje.

## 4.5. Technologické výpočty

### 4.5.1. Výpočet tvářecí síly – dle Dippera

Při výpočtu budu předpokládat, že se jedná o rotačně symetrickou součást při zpětném protlačování o teplotě 21°C.

Materiál: 12 010 4F(4-mořený, tažený, žíhaný na měkko, mořený; F-fosfátovaný) [10]

Základní rozměry(Obr.37):

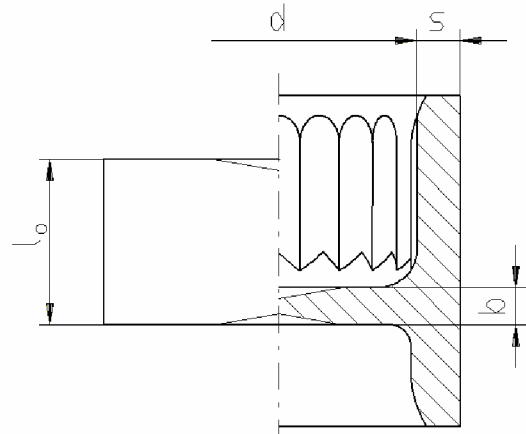
$$l_o = 15,5mm$$

$$d = 25,5mm$$

$$b = 3,5mm$$

$$s = 4,3mm$$

$$\mu = 0,05$$



Obr.37

Dle matematického modelu a dle vztahu Dippera vypočítám přetvárné odpor a tvářecí sílu.

-tvářecí síla

$$F = \sigma_d \cdot S \tag{4.2}$$

$\sigma_d$  – deformační odpor

S – činná plocha nástroje

-deformační odpor dle Dippera

$$\sigma_d = \sigma_{f1} \left( 1 + \frac{1}{3} \mu \frac{d}{b} \right) + \sigma_{f2} \left[ 1 + \frac{b}{s} \left( 0,25 + \frac{\mu}{2} \right) \right] \tag{4.3}$$

-logaritmičké deformace

$$\varphi_1 = \ln \frac{l_o}{b} = \ln \frac{15,5}{3,5} = \underline{1,4881} \tag{4.4}$$

$$\varphi_{cel.} = \varphi_1 + \varphi_2 = \varphi_1 \left( 1 + \frac{d}{8s} \right) = 1,4881 \left( 1 + \frac{25,5}{8 \cdot 4,3} \right) = \underline{2,5912} \tag{4.5}$$

-z přílohy č.4 použijeme vztah materiálové charakteristiky (polytropa) a dosadíme vypočtené  $\varphi$

$$\begin{aligned}\sigma_p &= 547,42\varphi^{0,4662} + 215,62 \\ \sigma_p &= 547,42\varphi_1^{0,4662} + 215,62 = 547,4 \cdot 1,4881^{0,4662} + 215,62 = \underline{874,47MPa} \\ \sigma_{p2} &= 547,42\varphi_{cel.}^{0,4662} + 215,62 = 547,4 \cdot 2,5912^{0,4662} + 215,62 = \underline{1068,88MPa}\end{aligned}\quad (4.6)$$

-vypočítáme deformační odpor

$$\begin{aligned}\sigma_d &= \sigma_p \left(1 + \frac{1}{3} \mu \frac{d}{b}\right) + \sigma_{p2} \left[1 + \frac{b}{s} \left(0,25 + \frac{\mu}{2}\right)\right] = \\ &= 874,47 \left(1 + \frac{1}{3} \cdot 0,05 \cdot \frac{25,5}{3,5}\right) + 1068,88 \left[1 + \frac{3,5}{4,3} \left(0,25 + \frac{0,05}{2}\right)\right] = \\ &= 980,66 + 1308,14 = \underline{2288,8MPa}\end{aligned}\quad (4.3)$$

-celková tvářecí síla

$$F = \sigma_d \cdot S = \sigma_d \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 2288,8 \cdot \pi \left(\frac{25,5}{2}\right)^2 = 1168902N \Rightarrow \underline{1169kN}\quad (4.2)$$

Vzhledem k tomu, že tvar je ve skutečnosti složitější než se kterým se počítala síla, proto navýším celkovou tvářecí sílu o 30%, volím to dle mého uvážení

$$F_{cel.} = F \cdot 1,3 = 1169 \cdot 1,3 = \underline{1520kN}\quad (4.7)$$

Síla by měla být cca o 30%menší než maximální tvářecí síla stroje(předpoklad 2000kN).

$$F_{stroje} \geq F_{cel} \cdot 1,3$$

$$2000 \geq 1520 \cdot 1,3$$

$$2000 \geq 1976 \Rightarrow \underline{\underline{vyhovuje}}$$

Při porovnání vypočtených hodnot a mezí materiálů, vzorců. Je zřejmé, že tato metoda výpočtu je nepříliš vyhovující. Kritické přetvoření materiálu je  $\varphi_{krit} = 2,0457$ . Tomuhle přetvoření nevyhovuje  $\varphi_{cel}$ .

Vysvětlením je kritická hloubka dna. Ohnisko přetvoření je charakterizováno kuželovým tvarem před razníkem, v tomhle poli přetvoření deformační odpor značně roste. Ohnisko je

do hloubky  $b_{krit} = \frac{1}{6}d = \frac{1}{6} \cdot 25,5 = 4,25mm$  (4.8). V našem případě je  $b=3,5mm$ , což znamená, že se pohybujeme v kritické oblasti, kde se nám rapidně vzrůstá deformační odpor.

Obecně při výpočtech dle Dippera jsou deformace velké na rozdíl od jiných metod výpočtů. Výsledkem mohou být naddimenzované nástroje.

#### 4.5.2. Výpočet tvářecí síly – dle Siebela

Po srovnání použijeme metodu dle Siebela, který ve svých výpočtech logaritmické deformace nepoužívá tloušťku dna( $b$ ), také neřeší tření při protlačování. Budeme též předpokládat, že při počátečním tváření se bude kov pěchovat(téci do stran-tečení nejmenšího odporu) a po napěchování cca o 1mm v průměru, bude materiál téci nahoru a dolů.

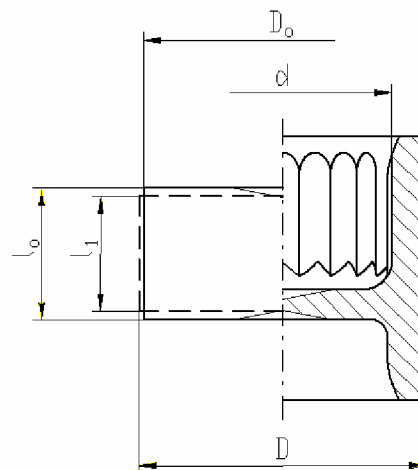
Základní rozměry(Obr.38):

$$l_o = 15,5mm$$

$$d = 25,5mm$$

$$D = 33,95mm$$

$$D_o = 32,9mm$$



Obr.38

-výpočet logaritmické deformace

$$\varphi_{pech} = \ln \frac{S}{S_o} = \ln \frac{D^2}{D_o^2} = \ln \frac{33,95^2}{32,9^2} = \underline{0,0628}$$

$$\varphi_{protl} = \ln \frac{S_o}{S} = \ln \frac{D_o^2}{D_o^2 - d^2} = \ln \frac{33,95^2}{33,95^2 - 25,5^2} = \underline{0,8305} \quad (4.9)$$

$$\varphi = \varphi_{pěc} + \varphi_{protl} = 0,0628 + 0,8305 = \underline{0,8933}$$

-použijeme polytropu viz. příloha č. 4 materiálové charakteristiky

$$\sigma_{p-pěc} = 547,42\varphi_{pěc}^{0,4662} + 215,62 = 547,42 \cdot 0,0628^{0,4662} + 215,62 = \underline{366,26MPa}$$

$$\sigma_{p-protl} = 547,42\varphi_{protl}^{0,4662} + 215,62 = 547,42 \cdot 0,8305^{0,4662} + 215,62 = \underline{717,64MPa}$$

$$\sigma_p = 547,42\varphi^{0,4662} + 215,62 = 547,42 \cdot 0,8933^{0,4662} + 215,62 = \underline{734,99MPa}$$

-výpočet výšky při částečném napěchování

$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \\ S_1 \cdot l_1 &= S_2 \cdot l_0 \\ \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l_1}{4} &= \frac{\pi \cdot D_o^2 \cdot l_o}{4} \Rightarrow l_1 = \frac{D_o^2 \cdot l_o}{D^2} = \frac{32,9^2 \cdot 15,5}{33,95^2} = \underline{14,56mm} \end{aligned} \quad (4.10)$$

-deformační odpor vypočítám dle Siebela použitím osvědčených vztahů

$$\sigma_{d-pěc} = \sigma_{p-pěc} \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{f \cdot D}{l_1} \right) = 366,26 \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{0,05 \cdot 33,95}{14,56} \right) = \underline{380,5MPa} \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{d-protl} &= 1,152 \cdot \sigma_{p-protl} \frac{D^2}{d^2} \left( \log \frac{D^2}{D^2 - d^2} + \frac{D^2}{D^2 - d^2} \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \log \frac{D^2}{d^2} + \log \frac{d^2}{D^2 - d^2} \right) = \\ &= 1,152 \cdot 717,64 \cdot \frac{33,95^2}{25,5^2} \left( \log \frac{33,95^2}{33,95^2 - 25,5^2} + \frac{33,95^2}{33,95^2 - 25,5^2} \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \log \frac{33,95^2}{25,5^2} + \log \frac{25,5^2}{33,95^2 - 25,5^2} \right) = \underline{1528,609MPa} \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} \sigma_d &= 1,152 \cdot \sigma_p \frac{D^2}{d^2} \left( \log \frac{D^2}{D^2 - d^2} + \frac{D^2}{D^2 - d^2} \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \log \frac{D^2}{d^2} + \log \frac{d^2}{D^2 - d^2} \right) = \\ &= 1,152 \cdot 734,99 \cdot \frac{33,95^2}{25,5^2} \left( \log \frac{33,95^2}{33,95^2 - 25,5^2} + \frac{33,95^2}{33,95^2 - 25,5^2} \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \log \frac{33,95^2}{25,5^2} + \log \frac{25,5^2}{33,95^2 - 25,5^2} \right) = \underline{1565,57MPa} \end{aligned}$$

-výpočet síly při protlačování

$$F = \sigma_d \cdot S = \sigma_d \cdot \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 = 1565,57 \cdot \pi \left( \frac{25,5}{2} \right)^2 = 799544,67N \Rightarrow \underline{799,5kN} \quad (4.2)$$

Vzhledem k tomu, že tvar je ve skutečnosti složitější než se kterým se počítala síla, proto navýším celkovou tvářecí sílu o 30%, volím to dle mého uvážení

$$F_{cel.} = F \cdot 1,3 = 799,5 \cdot 1,3 = \underline{\underline{1039,35kN}} \quad (4.7)$$

Síla by měla být cca o 30%menší než maximální tvářecí síla stroje(předpoklad 2000kN).

$$F_{stroje} \geq F_{cel.} \cdot 1,3$$

$$2000 \geq 1039,35 \cdot 1,3$$

$$2000 \geq 1351,155 \Rightarrow \underline{\underline{vyhovuje}}$$



## 5. VOLBA TVÁŘECÍHO STROJE

### Hydraulický lis SCHMIT T200

Vzhledem k tomu, že se ve firmě používá standardní hydraulický čtyřstojanový lis SCHMIT T 200, s jmenovitou silou 200 tun. Bude se lisování bubnu specifikovat pro tento lis. S jeho využitím pro tuto výrobu se počítá.

Hydraulický čtyřstojanový lis je možno používat pro různé metody objemového tváření. Přední a zadní otvory slouží pro výměnu a uložení nástrojů, boční pro umožňují vkládat a odebírat výlisky. Čtyři válcové sloupy zachycují vznikající výstředníkové síly. Centrální mazací systém provádí pravidelné mazání vedení stojanu. Všechny funkce stroje jsou ovládané přes centrální panel, který je umístěn na pravé straně stroje. Všechny nebezpečné zóny jsou zakrytovány a elektricky zabezpečeny. Prostor nástroje je chráněn světelnou závorou.

#### Technické údaje o lisu T 200:

Díly lisu:	<i>Lisovací síla beranu max. 2000 kN</i> <i>Vyhazovací síla, dole 400 kN</i>
Výkon:	<i>Výrobní výkon 4 – 15 ks/min</i>
Pohyby:	<i>Pohyb beranu pro tváření max. 195 mm</i> <i>Nastavený pohyb narážky beranu 75 mm</i> <i>Pohyb beranu celkově max. 200 mm</i> <i>Pohyb vyhazovače, dole max. 60 mm</i>
Prostoro pro zápustky:	<i>Otevření, vpředu 320 mm</i> <i>Otevření, na straně 290 mm</i>
Elektrický příkon:	<i>67 kW</i>
Hmotnost stroje:	<i>10,2 t</i>
Zatížení podlahy:	<i>60 N/cm<sup>2</sup></i>

## 6. NÁVRCH PŘÍPRAVNÝCH OPERACÍ A DOKONČOVACÍCH OPERACÍ

Hlavním cílem bylo vylisování polotovaru, který bude mít takový tvar, aby odstranil pokud možno nejvíce původních operací (zjednodušení výroby). Z toho vyplývá, že se součást i zlevní, i když to nemusí být pravidlem.

### 6.1. Porovnání stávajících a navrhovaných operací

Červeně jsou označeny ty operace, které jsou zcela nové, modře jsou operace upravené stávající, zelené přeškrtnuté jsou operace zcela zrušené. (Tab.8)

Číslo operace	Původní technologický postup výroby	Navrhovaný technologický postup výroby
1	<del>Stáčení pásky</del>	Řezání polotovaru
2	Fosfát+mýdlování	Omílání
3	<del>Kalibrace bubnu</del>	Pěchování
4	<del>Soustružení čela bubnu</del>	Žihání na měkko
5	<del>Fosfát+mýdlování</del>	Fosfát+mýdlování
6	Tváření bubnu	Lisování brzdového bubnu
7	<del>Protlačování trnem</del>	Tváření odlehčení
8	Soustružení povrchu bubnu	Soustružení povrchu bubnu, zarovnání, vyvrtání otvoru
9	Omílání bubnu	Omílání bubnu
10	Fosfát+mýdlování	Fosfát+mýdlování
11	<del>Střih nosu s kalibrací</del>	Střih nosu
12	Řažení pojistky pro pérko	Řažení pojistky pro pérko
13	<del>Rozfrézování bubnu</del>	Navazování pro kalírnu
14	Navazování pro kalírnu	Cementace+kalení+popuštění
15	Cementace+kalení+popuštění	Fosfát+mýdlování
16	Fosfát+moření	Třídění brzdového bubnu
17	Třídění brzdového bubnu	Montáž brzdového bubnu
18	Montáž brzdového bubnu	

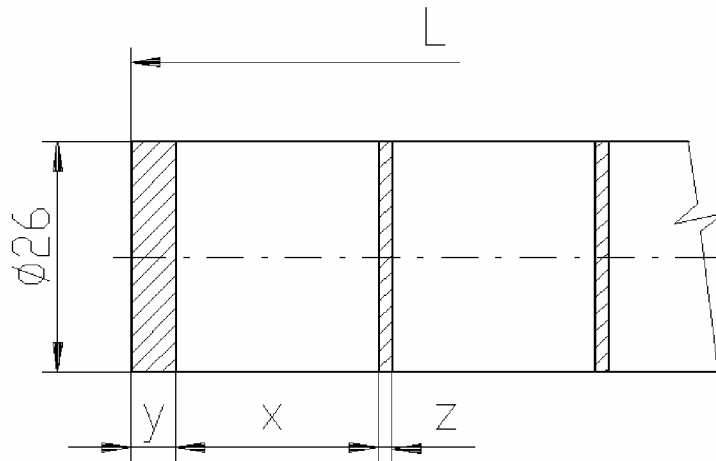
Tab.8

Z tabulky jasně vyplývá, že změnou technologie jsme v konečném počtu operací zkrátali o jednu. Zcela se zrušilo například velmi nákladné rozfrézování bubnu a další viz. výše. Jsou zde i operace, které se upravují (modrá šipka), zjednodušení je u původního tváření bubnu (č.6) a střihu nosu s kalibrací (č.11). U operace soustružení povrchu bubnu (č.8) se přidá zarovnání a vyvrtání otvoru.

### 6.2. Rozbor přípravných operací před tváření

#### 6.2.1. Řezání na automatické pásové pile

K tomuto účelu by se použila automatická pásová pila STG 220 GA. Po spuštění stroje se založí do vodících lišt pět kusů tyčí, vedle sebe, tyče o  $\phi 26 \times 3000$  mm. Upnou se jak z hora tak i ze strany. Na zaříznutí okraje volím 5 mm. Pak se spustí automatický cyklus řezání a podle volených rozměrů pila rozřeže tyč na jednotlivé kusy. Použije se pilový pás 2710 x 1 x 25 dle ČSN 22 26900. Délka tyče kterou stroj už neupne je 30 mm (odpadový materiál). (Obr. 39)



*Obr. 39 Dělicí plán tyče o  $\phi 26 \times 3000$  mm*

Počet kusů z jedné tyče: 
$$j = \frac{L - y - p}{x + z} = \frac{3000 - 5 - 30}{25,9 + 1,2} = 109,41ks \Rightarrow \underline{\underline{109ks}} \quad (6.1)$$

### 6.2.2. Omílání v bubnech

Je způsob mechanické úpravy povrchu malých předmětů, spočívajících ve vzájemném odírání předmětů, omílajících těles, brusiva a kapaliny v otáčejícím se bubne nebo zvonu. Omílání je vhodné především pro menší předměty oblých tvarů ale je možné omílat i větší tvary, které je nutné ale upevnit do přípravku v omílacím zařízení [ 2].

- Omílání se používá:
- odjehlování výrobků
  - leštění výrobků
  - odstraňování zbytků tavidel po svařování
  - odstraňování okují po tepelném zpracování

### 6.2.3. Pěchování

Důležitá přípravná operace před hlavním tvářením. Cílem je předpěchování dělicí roviny a naváděcího kužele. Pro pěchování můžeme použít kovací stroj, hydraulický lis nebo pěchovací automat.

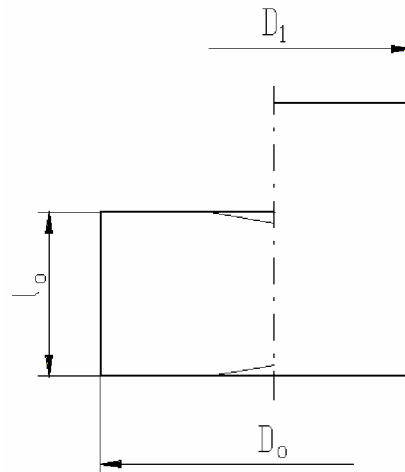
Pro představu velikosti tvářecího stroje vypočítáme sílu potřebnou k napěchování. Opět zjednodušíme výpočtový model, počítáme rotační součást bez dělicí roviny.

Základní rozměry(Obr.40):

$$l_o = 15,5mm$$

$$D_o = 33,95mm$$

$$D_1 = 26mm$$



Obr. 40

-výpočet logaritmické deformace

$$\varphi_{pech} = \ln \frac{S_o}{S_1} = \ln \frac{D_o^2}{D_1^2} = \ln \frac{32,9^2}{26^2} = \underline{0,4708} \quad (6.2)$$

-z přílohy č.4 použijeme vztah materiálové charakteristiky (polytropa) a dosadíme vypočtené  $\varphi$

$$\sigma_p = 547,42\varphi^{0,4662} + 215,62 = 547,42 \cdot 0,4708^{0,4662} + 215,62 = \underline{600,9MPa} \quad (6.3)$$

-deformační odpor vypočítám dle Siebela

$$\sigma_d = \sigma_p \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{f \cdot D_o}{l_o} \right) = 600,9 \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{0,05 \cdot 32,9}{15,5} \right) = \underline{622,16MPa} \quad (6.4)$$

-pěchovací síla

$$F_{pech} = \sigma_d \cdot S = \sigma_d \cdot \pi \left( \frac{D_o}{2} \right)^2 = 622,16 \cdot \pi \left( \frac{32,9}{2} \right)^2 = 528644,3N \Rightarrow \underline{529kN} \quad (6.5)$$

Vzhledem k tomu, že tvar je ve skutečnosti složitější než se kterým se počítala síla, proto navýším celkovou tvářecí sílu o 30%, volím to dle mého uvážení.

$$F_{pěc-cel.} = F_{pěc} \cdot 1,3 = 529 \cdot 1,3 = \underline{687,7kN}$$

Síla by měla být cca o 30% menší než maximální tvářecí síla stroje.

$$F_{stroje} \geq F_{pěc-cel.} \cdot 1,3$$

$$F_{stroje} \geq 687,7 \cdot 1,3$$

$$\underline{\underline{F_{stroje} \geq 894kN}}$$

Je předpoklad, že tvářecí síla by se měla pohybovat kolem 687kN. Tvářecí stroj by se mohl volit s rezervou viz. výpočet cca 900kN.

#### 6.2.4. Tepelné zpracování polotovaru

Aby byl tvářený kov schopen plastické deformace, je před tvářením a někdy i mezi postupnými tvářecími operacemi vhodně tepelně zpracováván. Tepelným zpracováním před tvářením dochází k odstranění vnitřního pnutí, dosažení vyšší tvárnosti, snížení tvrdosti apod.

Používá se žíhání normalizační, žíhání na měkko nebo žíhání rekrytalizační. Žíhá se v rotačních nebo jiných pecích v ochranném prostředí. Princip žíhání spočívá v tom, že se polotovar zahřeje na určitou teplotu, podle druhu žíhání, výdrž na této teplotě několik hodin a následně pomalé ochlazování. Po žíhání se polotovary zbavují nečistot mechanicky, mořením nebo kombinací obou způsobů. Před mořením se zařazuje oplach a chemické odmaštění polotovarů [ 9 ].

#### 6.2.5. Fosfátování

Před vlastním tvářením je nutná povrchová úprava polotovarů, za účelem vytvoření nejen co nejpříznivějších podmínek tření a tím snížení deformační síly a práce, ale také dosažení vysoké kvality povrchu po tváření.

Fosfátováním se na povrchu polotovaru vytvoří fosfátový povlak, tj. tenká vrstva fosforečnanu zinečnatého s malým přídavkem fosforečnanu železa. Fosfátový povlak nekryje dokonale povrch polotovaru, ale je pórovitý. Tato pórovitost je velmi vhodná k tomu, aby na povrchu polotovaru dobře ulpívala používaná maziva. Maziva se do fosfátované vrstvy nejen absorbují, ale i chemicky váží, čímž vznikají kovová mýdla s výbornými kluznými vlastnostmi. [ 2 ].

#### 6.2.6 Mazání polotovaru před tvářením

Mazání se používá hlavně z důvodu zabránění přímého styku činných částí nástroje s tvářeným kovem. Mezi nástroji a kovem vznikne tenký mazací film, který snižuje tření a zároveň ochlazuje nástroj. Intenzivní chlazení je nezbytné zejména při tváření na mechanic-

kých lisech, pracující s vyšší rychlostí. Maziva také velmi ovlivňují kvalitu průtlačku. Jako maziva se doporučují ve vodě rozpustná mýdla, neemulgující minerální oleje různé viskozity s přísadami mastných kyselin a chemicky působících látek ( adivin, inhibitorů), živočišné a rostlinné tuky ( lůj, řepkový olej, lněný olej v mýdlovém roztoku ) atd.

### **6.3. Rozbor změněných operací po tváření**

Po lisování se určité operace zrušili, některé se změnilly a také jich značná část zůstane nezměněných. Ale i při nezměněných operacích se v jistých případech budou muset upravit upínací segmenty strojů a přípravků(jemná změna brzdového bubnu).

#### **6.3.1 Soustružení povrchu bubnu, zarovnání, vyvrtání otvoru**

K této operaci se použije stávající jednoúčelový soustružnický automat A 40. Jeho výhodou je revolverová hlava , do které se upne několik obráběcích nástrojů, které postupně budou v jednotlivých pozicích obrábět součást do žádaného tvaru. Pro kotoučové nože se na automat přidělají pomocné suporty s kotoučovými noži, které budou řízeny přes vačkový systém.

Jednotlivé kusy se budou manuálně rovnat na vibrační zásobník, ke kterému se přidělá skluzavka, po které budou kusy postupně založeny do zásobníku. Pomocí pneumatického podavače budou zakládány do čelisti stroje a následně obráběny.

Strojní čas u pětivřetenových automatů je cca 53 sekund. U dokončovacích automatů se plánuje cca 40 sekund, tzn. že na dodržení a plynulý chod výroby budou stačit 3 stroje typu A 40. Norma tedy bude na jednom stroji 89 ks/hod.

#### **6.3.2 Střih nosu**

Stávající operace střih nosu s kalibrací se upraví jen na střih nosu bez kalibrace. Tím se tato operace zjednoduší a sníží se náklady na nástroje. Pokud to stroj dovolí, tak by byla možnost snížit strojní čas/ks výrobku, tzn. zvýšit produktivitu výroby. Kalibrace se zruší, protože už se buben nechová jako pružný člen a nepředpokládá se, že by se v průběhu provádění operací buben výrazně deformoval.

## 7. TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Vzhledem k tomu, že navrhujeme řešení, které má nahradit stávající stáčení pásky, což v podstatě je také tvářecí operace za studena. Metoda stáčení pásky se neosvědčila v závislosti na k veliké zmetkovitosti. Proto porovnáme tváření v prvním kroku i s třískovým obráběním, které se provádělo na součástce před stáčením.

Metoda objemového tváření je výhodnější metoda než třískového obrábění a to především díky úspoře materiálu. Tato metoda ale dále umožňuje zvýšit produktivitu práce, snížit náklady na výrobu nástrojů, zvýšit trvanlivost tvářecích nástrojů atd., což je z ekonomického hlediska velice důležité.

### Objemové tváření za studena

#### *Výhody:*

- maximální využití materiálu
- větší trvanlivost tvářecího nástroje, nižší náklady na výrobu těchto nástrojů
- větší produktivita práce
- nižší finanční náklady na nákup materiálu
- menší nároky na kvalifikaci obsluhy
- větší pevnost tvářeného polotovaru

#### *Nevýhody:*

- přípravné práce na polotovaru před vlastním tvářením
- vyšší nároky na přesnost při výrobě nástrojů a polotovarů
- vyšší investiční nároky na tvářecí stroje

### Třískové obrábění

#### *Výhody:*

- nižší investiční náklady na pořízení obráběcích strojů
- žádné přípravné operace, obrábí se přímo z dodaného materiálu

#### *Nevýhody:*

- velké opotřebení nástrojů a velké finanční náklady na jejich výrobu
- velké množství odpadového materiálu
- delší operační časy, nižší produktivita práce
- potřeba kvalifikované obsluhy stroje, což znamená vyšší mzdové náklady

### 7.1. Srovnání využití materiálu [Tab.9]

Z navrženého tvaru součásti pro objemové tváření za studena a pro součást vyrobenou stáčením pásky, se vypočítal pomocí kreslicího programu AutoCAD objem a objem třísky (do objemu třísky jsou připočítány i nevyužité konce tyčí a pásů). Dále se vypočítal objem polotovaru pro obě metody. Z těchto údajů pak získáme podíl množství odpadového materiálu a celkové využití materiálu, které jsou v tab. 9.

Pro stáčení pásky: 
$$V_{pS} = a \cdot b_p \cdot l_p = 5 \cdot 30 \cdot 90,6 = 13590 \text{ mm}^3 \quad (7.1)$$

Pro tváření za studena: 
$$V_{pT} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} = \frac{\pi \cdot 26^2 \cdot 25,9}{4} = 13751 \text{ mm}^3 \quad (7.2)$$

	<b>Stáčení</b>	<b>Tváření</b>
Objem obrobku / průtlačku [mm <sup>3</sup> ]	9 888	10 899
Objem třísky [mm <sup>3</sup> ]	3 702	2 852
Objem polotovaru [mm <sup>3</sup> ]	13 590	13 751
<b>Odpadový mat [%]</b>	<b>27,24</b>	<b>20,74</b>
<b>Využití materiálu [%]</b>	<b>72,76</b>	<b>79,26</b>

*Tab. 9 Srovnání využití materiálu a odpadového materiálu*

### 7.2 Porovnání finančních nákladů na materiál [Tab.10]

V současné době je cena pásu oceli 12 010 cca 17,75 Kč/kg. Materiál pro tváření je sice shodný 12 010, ale tvarem se odlišuje tzn. že i cena je jiná cca 14,85 Kč/kg.

V provozu se již tento materiál používá, proto je i jednodušší organizace materiálového hospodářství. Z ekonomického hlediska plyne větší odběr jednoho druhu materiálu = levnější cena za jednotku od výrobce. Pro názornost bude porovnání nákladů znázorněno na 100 000 kusech.

Třísky se dají zhodnotit prodejem za cenu šrotu cca 2,25 Kč/kg. Tyto peníze se odečtou od nákladů za materiál. Tím pádem nám vychází čistá materiálová cena obrobku.

Pokud připočítáme reálnou zmetkovitost ve stávající výrobě, která je docela vysoká cca 7%. Předpoklad u nové technologie do 1% zmetkovitosti. Zatím počítáme jen



s materiálovou ztrátou. Ztráty se zvyšují s počtem operací provedených na následném zmetku.

	<b>Stáčení</b>	<b>Tváření</b>
Hmotnost obrobku [ kg ]	10 681,7	10 808,3
Cena obrobku za materiál [ Kč ]	189 600,2	160 503,3
Hmotnost třísek [ kg ]	2 909,8	2 241,7
Prodej třísek [ Kč ]	6 547	5 043,8
Hmotnost nevyužitého materiálu [ kg ]	1 469	1 340
Cena nevyužitého materiálu [ Kč ]	26 074,8	19 899
Prodej nevyužitého materiálu [ Kč ]	3 305	3 015
<b>Celková cena materiálová [Kč]</b>	<b>205 823</b>	<b>175 145,6</b>
Hmotnost zmetků [ kg ]	850	121,5
Cena zmetků [ Kč ]	15 087,5	1 804,3
Prodej zmetků [ Kč ]	1 912,5	273,4
<b>Celková cena materiálová včetně zmetků [Kč]</b>	<b>218 998</b>	<b>176 676,5</b>
<b><u>Z hodnot plyne úspora 42 321,5Kč/100 000ks</u></b>		

*Tab. 10 Porovnání finančních nákladů na materiál(množství 100 000ks)*

### 7.3. Náklady na výrobu nástrojů pro objemové tváření a jejich trvanlivost [Tab.11]

Roční plán výroby je cca. 1.000.000 volnoběžek a od tohoto počtu se bude, s ohledem na trvanlivost nástroje, kalkulovat přibližný počet nástrojů a jejich celková cena.

	<b>Cena: [Kč/kus]</b>	<b>Trvanlivost:</b>	<b>Spotřeba ročně:</b>	<b>Náklady jednotlivých nástrojů [Kč/rok]</b>
<b>Průtlačník</b>	4300	70 000	15	64 500
<b>Vyhazovač</b>	1800	80 000	13	23 400
<b>Průtlačnice</b>	3000	100 000	10	30 000
<b>Celkové náklady</b>				<b><u>117 900</u></b>

*Tab. 11 Náklady na výrobu nástrojů*

Trvanlivost a jednotlivá cena nástrojů je pouze orientační, na základě porovnání s jinými podobnými způsoby objemového tváření.

#### 7.4. Zhodnocení úspor vlivem zrušených operací a vytvoření nových

Z normových kalkulací stanovíme mzdové náklady zrušených operací a u nových operací určíme mzdové náklady porovnáním s podobnou součástí, která se již vyrábí. U nákladů na nástroje postupujeme stejným způsobem, vycházíme ze spotřeby nástrojů z předešlého roku.

Zrušené operace	Mzdové náklady [Kč/1000000ks]	Náklady na nástroje [Kč/1000000ks]
Stáčení pásky	58 600	57 450
Kalibrování bubnu	105 600	42 500
Soustružení, zarovnání	60 200	35 000
Moření, fosfát, stearin	17 700	20 790
Protlačení trnem	94 100	18 000
Rozfrézování	77 600	170 000
<b>Celkem</b>	<b><u>413 800</u></b>	<b><u>343 740</u></b>

*Tab. 12 Zrušené operace-vyčíslení nákladů*

Nové operace	Mzdové náklady [Kč/1000000ks]	Náklady na nástroje [Kč/1000000ks]
Řezání polotovaru	40 300	40 000
Omílání polotovaru	15 900	20 000
Pěchování	45 000	60 000
Žihání na měkko	12 480	30 000
Lisování brzdového bubnu	42 900	117 900
<b>Celkem</b>	<b><u>156 580</u></b>	<b><u>267 900</u></b>

*Tab. 13 Nové operace-vyčíslení nákladů*

## 7.5 Technicko ekonomické vyhodnocení

Technicko-ekonomické vyhodnocení je nejdůležitější částí navrhování nových postupů výroby. Snižování ekonomických nákladů na výrobu součásti je základním úkolem pro dobré hospodaření firem, ať už se jedná o jakýkoliv výrobek.

Již z porovnaných hodnot je zřejmé, že při změně technologie dojde ke snížení nákladů. Roční materiálová úspora při výrobě cca 1mil. kusů je přibližně 423 215Kč. Další významná úspora vyplývá ze zrušených operací. Rozdíl mzdových nákladů zrušených operací od nových operací je  $413800 - 156580 = \underline{257220Kč}$  a rozdíl nákladů nástrojů zrušených operací od nových operací je  $343740 - 267900 = \underline{75840Kč}$

Pokud sečteme dosažené úspory dostaneme výslednou úsporu při změně technologie,  $423215 + 257220 + 75840 = \underline{756275Kč}$ . Tato výsledná částka je pouze orientační a vychází z obecných předpokladů. Pro přesnější určení by se mohly spočítat i náklady energií, popřípadě nákup nových strojů a přípravků, také spočítat ty operace, které se upravují, z mého hlediska bude též další úspora nákladů.

## 8. ZÁVĚRY

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout nový technologický postup výroby objemovým tvářením namísto dosavadního stáčení pásky, který by umožnil snížit výrobní, režijní a materiálové náklady na výrobu brzdového bubnu a zkvalitnil jeho brzdící funkci ve volnoběžném náboji jízdního kola. Z dosažených výsledků je patrné, že nový technologický postup splňuje zadané požadavky a snižuje náklady na materiál, což se při roční výrobě přes 1 000 000 kusů musí výrazným způsobem projevit na úspoře výrobních nákladů. Technologie tváření dále umožňuje zlepšit některé mechanické vlastnosti součásti a zpřesnit technologické rozměry.

V programu „Auto-Cad“ byl nakreslen v režimu 3D návrh lisovaného brzdového bubnu, poté bylo vycházeno ze získaného objemu při dalším postupu navrhování počátečního polotovaru.

Tvářecí nástroje a jejich upnutí vycházelo z konstrukce stroje. V programu „optim.exe“ se optimalizovala průtláčnice a její objímka v závislosti na požadavcích nástroje.

Deformace a tvářecí síly se počítaly z osvědčených vztahů. Z hodnot se určil stroj, který by byl vhodný pro tuto operaci.

O správnosti nového výrobního postupu svědčí i to, že výrobci hutních materiálů dodávají na spotřebitelský trh stále širší sortiment materiálů vhodných pro objemové tváření na úkor materiálů pro třískové obrábění.

Při výrobě tvářecích nástrojů se stále ve větší míře využívá moderních metod, jako je polakování, nitridování a dalších způsobů povrchových úprav, které snižují opotřebení tvářecích ploch a zvyšují životnost nástrojů. Využitím nových vývojových směrů v metalurgii a správným výběrem materiálů na tvářecí nástroje, můžeme docílit velmi přesného tváření a tím i snížení dokončovacích operací.

Tuto práci lze rozšířit o simulaci například v programu Qform, kde by jme si ověřili teploty vznikající při tváření, různá maxima a minima tvářecího procesu. Tato simulace nám pomůže při konstrukci nástrojů k dosažení maximální životnosti a kvality výrobku.

## Seznam použitých zdrojů

- [ 1 ] DVORÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003. 169 s. ISBN 80-214-2340-4.
- [ 2 ] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava : VŠB-TU, 2006. 150 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [ 3 ] FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [ 4 ] PLUHARŘ, Jaroslav, KORITTA, J. *Strojírenské materiály : Vysokoškolská učebnice pro fakultu strojního inženýrství*. 3. vyd. Praha : SNTL, 1982. 185 s.
- [ 5 ] FURBACHER, Ivan, MACEK, Karel, STEIDL, Josef. *Lexikon technických materiálů se zahraničními ekvivalenty*. Praha : [s.n.], 1998. 135 s. ISBN 80-86229-02-5.
- [ 6 ] Podniková dokumentace – Hydraulický lis SCHMIT T 200
- [ 7 ] *Böhler Uddeholm CZ s.r.o.* [online]. 2003 , 2003 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.bohler.cz/>>.
- [ 8 ] Výukový program pro dimenzování lisovnic s jednou objímkou – „Optim.exe“. FSI VUT v Brně, UST, odbor tváření kovů a plastů, 1997
- [ 9 ] ČADA, Radek. *Technologie I : zákony plastické deformace kovů, dělení materiálu, slévání*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU, 2007. 74 s. ISBN 978-80-248-1274-8.
- [ 10 ] BENEŠ, Milan, MAROŠ, Bohumil. *Poradenská příručka TEVÚH : Křivky přetvárných odporů ocelí díl.4*. 1. vyd. Praha : Technickoekonomický výzkumný ústav hutního průmyslu, 1986. 228 s.
- [ 11 ] *BÖHLER-UDDEHOLM AG* [online]. 2008 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.bohler-uddeholm.com/index.htm>>.
- [ 12 ] ELFMARK, Jiří, et al. *Tváření kovů*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1992. 524 s. Technický průvodce. sv. 62. ISBN 80-03-00651-1.

## Seznam použitého značení

Označení	Legenda	Jednotka
$A_5$	Tažnost	[ % ]
$a$	Šířka pásu	[ mm ]
$b$	Tloušťka dna výlisku	[ mm ]
$b_p$	Šířka pásu	[ mm ]
$d, D$	Průměry	[ mm ]
$F$	[ N ]	[ N ]
$F_{cel.}$	Celková tvářecí síla	[ N ]
$f, \mu$	Koeficient smykového tření	[ - ]
$j$	Počet kusů z tyče	[ ks ]
$L$	Délka	[ mm ]
$l, l_0$	Výška polotovaru	[ mm ]
$l_1$	Výška polotovaru při částečném napěchování	[ mm ]
$l_p$	Délka pásu	[ mm ]
$p_1$	Kontaktní tlak	[MPa]
$p_2$	Maximální radiální tlak	[MPa]
$p'2$	Zvětšení kontaktního tlaku od $p$	[MPa]
$r$	Poloměr polotovaru	[ mm ]
$r_2$	Dělicí poloměr	[ mm ]
$2\Delta r$	Vypočtený přesah	[ mm ]
$2\Delta r_2$	Stažení vnějšího průměru lisovnice	[ mm ]
$2\Delta r_{22}$	Roztažení vnitřního průměru objímky	[ mm ]
$2\Delta r_1$	Stažení konstrukčního průměru lisovnice	[ mm ]
$2\Delta r_s$	Konstrukční přesah	[ mm ]
$r_2/r_1$	Poměrný dělicí poloměr	[ mm ]
$R_e$	Mez kluzu	[ MPa ]
$R_{et}$	Mez kluzu v tlaku	[ MPa ]
$R_m$	Mez pevnosti v tahu	[ MPa ]
$R_{mo}$	Mez pevnosti v ohybu	[ MPa ]
$s$	Síla průtlačku	[ mm ]
$S$	Plocha	[ mm <sup>2</sup> ]
$t$	Teplota potřebná k ohřevu objímky	[ °C ]
$V$	Objem tvářené součásti	[ mm <sup>3</sup> ]
$x$	Prořez kotoučem kruhové pily	[ mm ]
$y$	Přídavky na opracování čelních ploch	[ mm ]
$z$	Délka pro upnutí posledního kusu ve svěráku pily	[ mm ]
$\varepsilon$	Poměrné přetvoření	[ - ]
$\varepsilon_{ef}$	E <sub>p</sub> řetvoření	[ - ]
$\varepsilon_{mez}$	Mezní deformace	[ - ]
$\varphi$	Logaritmické přetvoření	[ - ]
$\varphi_{ef}$	Efektivní přetvoření	[ - ]
$\sigma_p$	Přirozený přetvárný odpor	[MPa]
$\sigma_d$	Deformační odpor	[MPa]
$\sigma_k$	Napětí na mezi kluzu	[MPa]
$\tau$	Smykové napětí	[MPa]
$\tau_{max}$	Maximální smykové napětí	[MPa]

## Seznam příloh

### Přílohy:

Příloha 1

Příloha 2

Příloha 3

Příloha 4

Příloha 5

Příloha 6

Příloha 7

Příloha 8

Příloha 9

### Výkresová dokumentace:

DP-KUB190-0 – Sestava nástroje

DP-KUB190-1 – Průtlačnice

DP-KUB190-2 – Vložka

DP-KUB190-3 – Vyhazovač

DP-KUB190-4 – Průtlačník

DP-KUB190-5 – Brzdový buben-tvářený polotovar

DP-KUB190-6 – Polotovar

DP-KUB190-7 – Polotovar 1

DP-KUB190-8 – Brzdový buben-stáčený

## VÝBĚR NÁSTROJOVÝCH MATERIÁLŮ PRO PRŮTLAČNICE A OBJÍMKY

	Materiál	T <sub>KAL</sub>	T <sub>POP</sub>	HRC	E	μ	R <sub>m</sub>	R <sub>d</sub>	R <sub>p0,2</sub>	σ <sub>D</sub>	α	R	
L I	SK 64	-	-	84	490000	0,26	1000	3400	0	750	0,0000065		
	SK 65	-	-	82,5	460000	0,26	1130	3140	0	850	0,000007		
S O V N	Ocel 19830	1140	620	62	220000	0,33	1665	3670	1480	1425	0,0000124	34	
I C E	Ocel 19436	1060	520	59	208000	0,30	1860	3680	-	1620	0,0000128		
				60									
				61									
O B J Í M K A	Ocel 19733	920	570	47	206000	0,30	1790	-	1670	1525	0,0000136		
			600	49									
B J Í M K A	Ocel 19740	1025	500	47	207000	0,30	1570	-	1320	1300	0,0000126		
			600	46				1480		1390			1360
			620	45				1410		1370			1340
K A	Ocel 19452	850	370	50	206000	0,30	1745	3040	1560	1500	0,0000130		
			400	47				1645	3090	1500			1450



**OPTIMALIZACE LISOVNICE S JEDNOU OBJIMKOU**

\*\*\*\*\*Protokol z programu **optim96.exe** \*\*\*\*\*

VSTUPNI DATA - MATERIAL:

		LISOVNICE	OBJIMKA
		<b>Ocel 19 830</b>	<b>Ocel 19 733</b>
Modul pružnosti v tahu	<b>E</b> [MPa]	220000	206000
Mez pevnosti v tahu	<b>Rm</b> [MPa]	1665	1790
Mez pevnosti v tlaku	<b>Rd</b> [MPa]	3670	0
Mez kluzu	<b>Rp(0,2)</b> [MPa]	0	1670
Poissonovo číslo	<b>μ</b>	0.33	0.30
Dovolene napeti	<b>σ<sub>D</sub></b> [MPa]	1425	1525

VSTUPNI DATA - GEOMETRIE:

Vnitřní polomer lisovnice	- <b>r<sub>1</sub></b> [mm]	17.00
Vnější polomer objímky	- <b>r<sub>3</sub></b> [mm]	68.00

VSTUPNI DATA - TEPLOTA, TEPEL. ROZTAZNOST:

Teplota okolí	- <b>T<sub>o</sub></b> [°C]:	23
Teplota popouštění	- <b>T<sub>p</sub></b> [°C]:	590
Str.hodnota koef.tepel.roztaznosti lisovnice	- <b>α<sub>1</sub></b> [1/K]:	0.0000124
Str.hodnota koef.tepel.roztaznosti objímky	- <b>α<sub>2</sub></b> [1/K]:	0.0000136

VSTUPNI DATA - PODMINKY UNOSNOSTI A PODMINKY POUZDŘENI:

LISOVNICE:	Mohrova podmínka křehké pevnosti
OBJIMKA:	Podmínka energetická HMH pro ocel
Pouzřeno za tepla	Ohřev s vyrovnáním teploty

VYPOCTENE HODNOTY

\*\*\*\*\*

Poměry delici polomer	<b>r<sub>2</sub>/r<sub>1</sub></b> [mm]	2.14714
Maximální radialní tlak	<b>p<sub>1</sub></b> [MPa]	1507.10000
Kontaktní tlak	<b>p<sub>2</sub></b> [MPa]	626.76421
Delici polomer	<b>r<sub>2</sub></b> [mm]	36.50146
Vypočteny presah	<b>2Δr</b> [mm]	0.44608
Kontaktní předpeti	<b>p<sub>2</sub></b> [MPa]	386.63408
Stazeni vnějšího Ø lisovnice	<b>2Δr<sub>2</sub></b> [mm]	0.15703
Roztazeni vnitřního Ø objímky	<b>2Δr<sub>22</sub></b> [mm]	0.26230
Zvětšení kontaktního tlaku od p <sub>1</sub>	<b>p'<sub>2</sub></b> [MPa]	240.13013
Konstrukční presah	<b>2Δr<sub>s</sub></b> [mm]	0.49068
Stazeni funkčního Ø lisovnice	<b>2Δr<sub>1</sub></b> [mm]	- 0.15261
Teplota potřebná k ohřevu objímky	[°C]	569.23

**OPTIMALIZACE LISOVNICE S JEDNOU OBJIMKOU**

\*\*\*\*\*Protokol programu **optim97.exe** \*\*\*\*\*

VSTUPNI DATA - MATERIAL:

		LISOVNICE	OBJIMKA
		Ocel 19 830	Ocel 19 733
Modul pružnosti v tahu	<b>E</b> [MPa]	220000	206000
Mez pevnosti v tahu	<b>Rm</b> [MPa]	1665	1790
Mez pevnosti v tlaku	<b>Rd</b> [MPa]	0	0
Mez kluzu	<b>Rp(0,2)</b> [MPa]	1480	1670
Poissonovo číslo	<b>μ</b>	0.33	0.30
Dovolene napeti	<b>σ<sub>D</sub></b> [MPa]	1425	1525

VSTUPNI DATA - GEOMETRIE:

Vnitřní polomer lisovnice	- <b>r<sub>1</sub></b> [mm]	17.00
Vnější polomer objímky	- <b>r<sub>3</sub></b> [mm]	68.00

VSTUPNI DATA - TEPLOTA, TEPEL. ROZTAZNOST:

Teplota okolí	- <b>T<sub>o</sub></b> [°C]:	23
Teplota popouštění	- <b>T<sub>p</sub></b> [°C]:	580
Str.hodnota koef.tepel.roztaznosti lisovnice	- <b>α<sub>1</sub></b> [1/K]:	0.0000124
Str.hodnota koef.tepel.roztaznosti objímky	- <b>α<sub>2</sub></b> [1/K]:	0.0000136

VSTUPNI DATA - PODMINKY UNOSNOSTI A PODMINKY POUZDŘENÍ:

LISOVNICE:	Podmínka max.smykových napeti pro ocel
OBJIMKA:	Podmínka energeticka HMH pro ocel
Pouzřeno za studena	(na kuželové plochy)

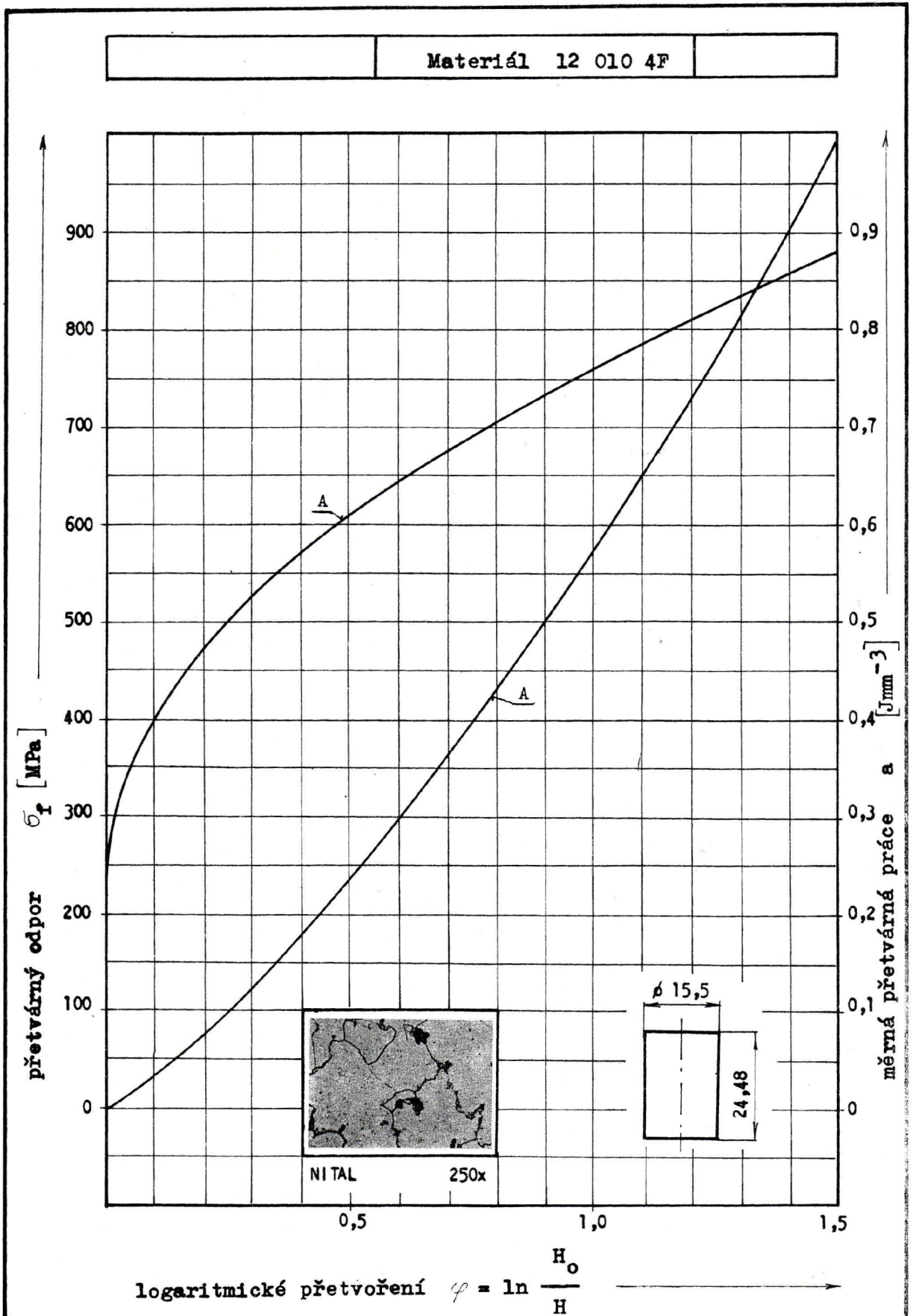
VYPOCTENE HODNOTY

\*\*\*\*\*

Poměry delici polomer	<b>r<sub>2</sub>/r<sub>1</sub></b> [mm]	1.95157
Maximalni radialni tlak	<b>p<sub>1</sub></b> [MPa]	1196.30000
Kontaktni tlak	<b>p<sub>2</sub></b> [MPa]	670.87456
Delici polomer	<b>r<sub>2</sub></b> [mm]	33.17676
Vypocteny presah	<b>2Δr</b> [mm]	0.43866
Kontaktni predpeti	<b>p<sub>2</sub></b> [MPa]	423.07276
Stazeni vnejsiho Ø lisovnice	<b>2Δr<sub>2</sub></b> [mm]	0.17636
Roztazeni vnitřniho Ø objímky	<b>2Δr<sub>22</sub></b> [mm]	0.26230
Zvetseni kontaktního tlaku od p <sub>1</sub>	<b>p'<sub>2</sub></b> [MPa]	247.80180
Konstrukcni presah	<b>2Δr<sub>s</sub></b> [mm]	0.43866
Stazeni funkcního Ø lisovnice	<b>2Δr<sub>1</sub></b> [mm]	- 0.17776

**Mechanické hodnoty zkoušených materiálů**

Provedení drátu	Průměr [mm]	Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa]	Kontrakce Z [%]	Dosažené přetvoření φ <sub>dos.</sub>	Kritické přetvoření φ <sub>krit.</sub>
11 320 OR	2,5	707	60	1,8737	2,1972
11 320 1R	15,5	439	73	2,1428	-
11 320 3R	6,28	516	63	2,0250	2,0875
11 320 5R	17,5	355	80	1,7472	-
11 320 4F	15,5	306	77	2,1076	-
11 343 OR	2,5	743	55	1,8578	2,0327
11 343 2R	5,7	597	64	1,7844	1,7992
11 343 2R	18,2	449	68	2,1071	-
11 343 3R	11,8	552	57	2,1410	-
11 343 5R	9,8	432	67	1,8328	1,9106
11 343 6R	3,8	400	79	2,0206	2,1110
11 343 7R	3,8	635	61	1,7686	1,8827
12 010-S 5R	16,5	372	75	2,1554	2,2149
12 010 4F	17,5	347	70	1,6251	2,0457
12 040 5R	12,59	589	62	1,6803	1,8212
12 040 8R	15,8	588	48	1,3833	1,4969
12 040 4V	15,8	500	65	1,8430	1,8988
12 042 5R	7,85	579	70	1,9643	1,9992
12 071 9R	3,7	726	78	0,9692	1,0854



Materiál 12 010 4F označení A		Teplota	
Aprox. křivka	Rovnice *)	$I_{yx}$	$\sigma^2$
Polytropa	$\sigma_f = 547,42 \varphi^{0,4662} + 215,62$ [MPa]	0,99586	255,000
Polynom 3. stupně	$\sigma_f = 345,51 \varphi^3 - 997,92 \varphi^2 + 1130,27 \varphi + 272,48$ [MPa]	0,99494	472,831
Polynom 5. stupně	$\sigma_f = 362,87 \varphi^5 - 1846,26 \varphi^4 + 3650,17 \varphi^3 - 3451,24 \varphi^2 + 1792,11 \varphi + 236,75$ [MPa]	0,99813	200,316
Racionálně lomená funkce	$F = 229,60 \varphi^3 - 276,71 \varphi^2 + 339,30 \varphi + 47,02$ [kN]	0,99984	21,807
$\sigma_f = \frac{F}{D^2} \frac{4000}{\pi}$ [MPa]	$D = 0,61 \varphi^3 + 2,99 \varphi^2 + 4,90 \varphi + 15,64$ [mm]	0,99991	0,008

$a = 0,37 \varphi^{1,4662} + 0,22 \varphi$ [Jmm <sup>-3</sup> ]	$\varphi_{str.} = 0,0207$ [s <sup>-1</sup> ]
---	--

\*) Pozn. Rovnice platí pro  $\varphi$  v intervalu 0 až 1,63

## BÖHLER K360

### ISODUR (ESU)

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	+Al
Obsah prvků v %	1,25	0,90	0,35	8,75	2,70	1,18	+Nb

### Charakteristika

BÖHLER K360 je nový materiál z řady ocelí pro práci za studena s 8% obsahu chromu. Vyznačuje se vysokou houževnatostí, mimořádnou odolností proti tlakovému zatížení, ve spojení s dobrou odolností proti abrazivnímu jako i adhezivnímu opotřebením. Zvlášť se osvědčuje pro tváření austenitických ocelí. BÖHLER K360 je ocel s rozvojem sekundární tvrdosti při popouštění, s dobrou odolností proti popouštění, je vhodná pro nitrídování v lázni, plazmou, plynem i pro povlakování procesem PVD.

### Použití

Střížné a lisovací nástroje (matrice, razníky), nástroje pro tvarování za studena jako jsou tažné, hlubokotažné, průtlačné, razicí nástroje, nástroje na válcování závitů, nože a měřidla.

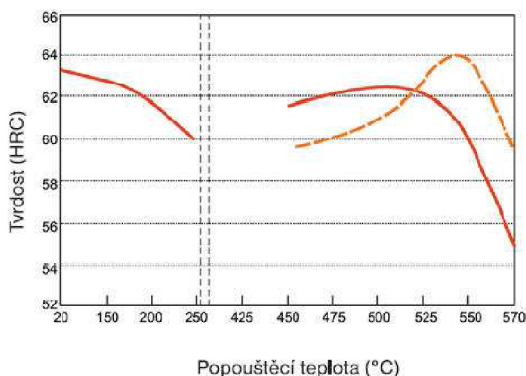
### STANDARDNÍ ROZMĚROVÝ SORTIMENT

●	Kruhové tyče, žíhané IBO ECOMAX (mm)							
12,5	20,5	26,0	30,5	35,8	40,8	45,8	50,8	
60,8	71,0	81,0	91,0	101,5	111,5	121,5	131,5	
148,5	202,0	252,5	302,5					

■	Desky, žíhané ALLPLAN		 Možnost dělení desek podle požadovaných rozměrů
—	Šířka (mm)	Tloušťka (mm)	
		102,0	
	202,0	X	
	403,0	X	

#### Popouštěcí diagram BÖHLER K360

kalící teplota 1040 °C —  
kalící teplota 1080 °C - - -  
Průřez zkušební vzorku: čtyřhran 20 mm  
Ochlazovací prostředí: solná lázeň 230 °C



### TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Teplota tváření	1100 - 850 °C
Teplota žíhání na měkko	800 - 850 °C
Tvrdost po žíhání na měkko	max. 250 HB
Teplota žíhání na odstranění vnitřních prutů	650 °C
Podrobné informace o tepelném zpracování v materiálovém listě.	

### KALENÍ

Stupňovitý ohřev na austenitizační teplotu 1040 až 1080 °C, výdrž na austenitizační teplotě po prohřátí v celém průřezu 15 až 30 minut. Ochlazovací prostředí: olej, solná lázeň, vzduch, tlak vzduchu, N<sub>2</sub>. Dosažitelná tvrdost po kalení 61 až 64 HRC.

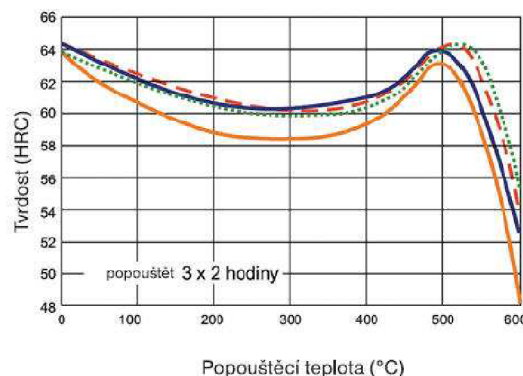
### POPOUŠTĚNÍ

Pomalý ohřev na popouštěcí teplotu bezprostředně po kalení, výdrž na teplotě 1 hodinu na každých 20 mm tloušťky, nejméně však na 2 hodiny, ochlazování na vzduchu. Popouštěcí teplotu volit podle požadavku tvrdosti z popouštěcího diagramu.

■	Ploché tyče, žíhané do měkka, tryskané					
—	Šířka (mm)	Tloušťka (mm)				
		20,0	30,0	40,0	50,0	60,0
	60,0	X				
	70,0		X			
	80,0			X		
	100,0		X	X	X	
	150,0		X	X	X	
	200,0		X	X	X	
	250,0					X
	300,0		X		X	X
	350,0			X		

#### Popouštěcí diagram BÖHLER K360

kalící teplota 1070 °C, vákuum/N<sub>2</sub> (5 bar) —  
kalící teplota 1080 °C, solná lázeň nebo olej - - -  
kalící teplota 1060 °C, solná lázeň nebo olej - - -  
kalící teplota 1040 °C, solná lázeň nebo olej —



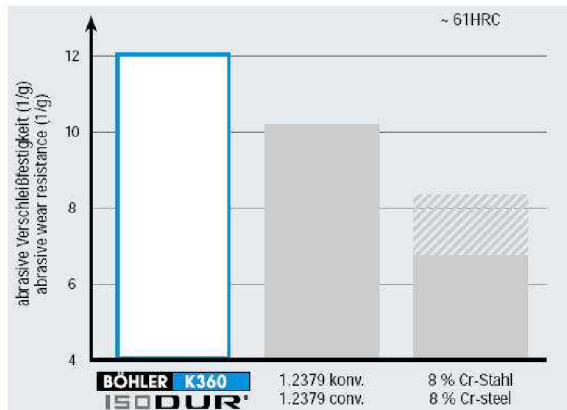
# DER VERSCHLEISSBESTÄNDIGE UND ZÄHE „ALL-ROUNDER“ THE TOUGH, WEAR RESISTANT "ALL-ROUNDER"

Die eindrucksvollen Testergebnisse beweisen einmal mehr sein großes Potential.

Impressive test results once again prove the steel's tremendous potential.

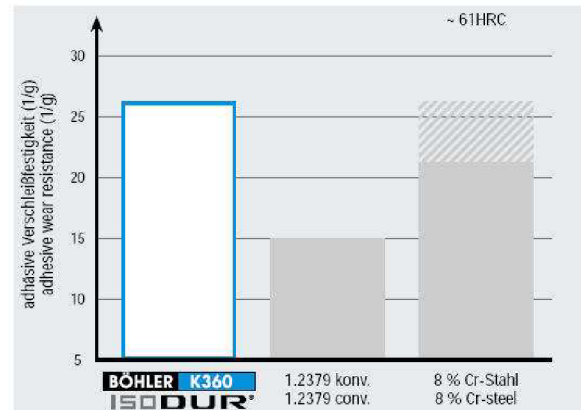


## Hervorragende abrasive Verschleißfestigkeit / Excellent abrasive wear resistance



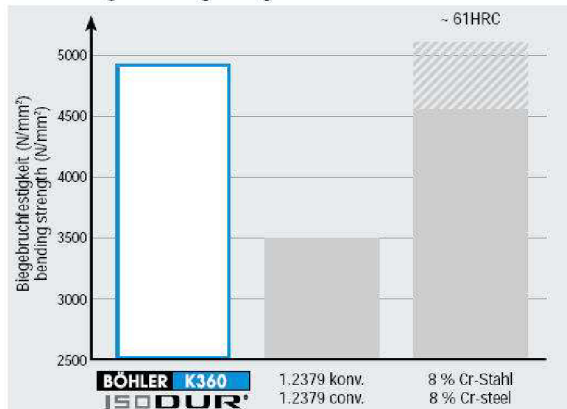
Verschleißtest gegen SiC-Schleifpapier /  
 Wear test against SiC-grinding paper

## Hervorragende adhäsive Verschleißfestigkeit / Excellent adhesive wear resistance

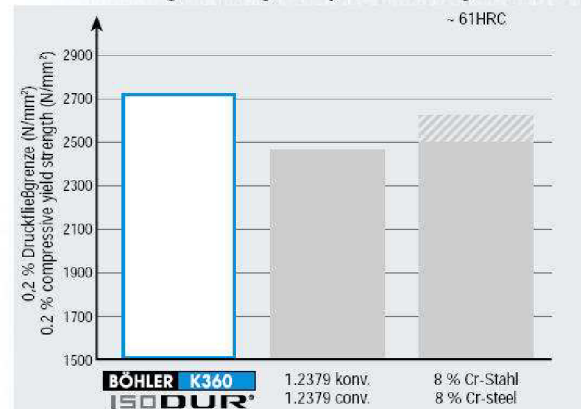


Stift auf Rad-Methode / Pin-on-disk test

## Hohe Zähigkeit / High toughness



## Hohe Druckfestigkeit / High compressive strength



# EIN HEISSES THEMA – WÄRMEBEHANDLUNG

## A HOT TOPIC – HEAT TREATMENT

### ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung / Continuous cooling CCT curves

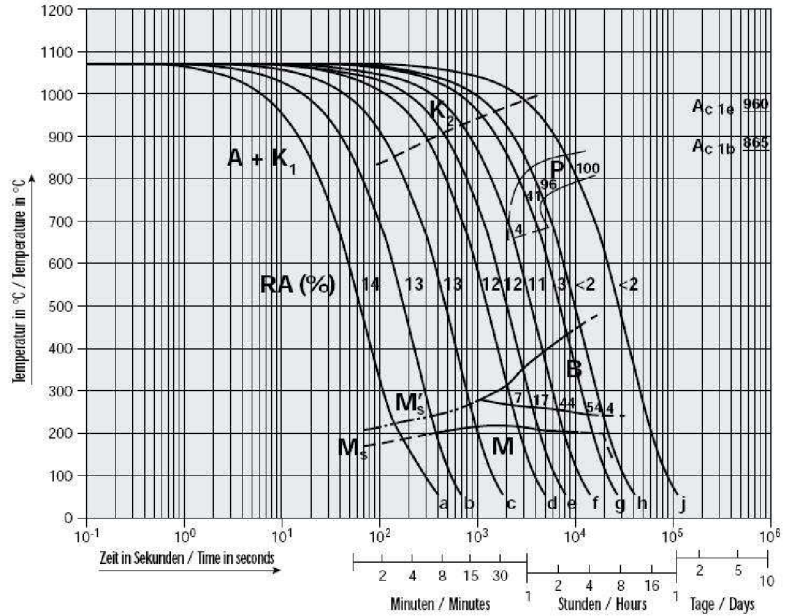
Austenitizing temperature: 1070° C  
 Haltedauer: 30 Minuten

2 ... 100 Gefügeanteil in %  
 0,4 ... 180 Abkühlungsparameter,  
 d.h. Abkühlungsdauer von  
 800 – 500° C in  $s \times 10^{-2}$

Austenitizing temperature: 1070° C  
 Holding time: 30 minutes

2 ... 100 phase percentages  
 0,4 ... 180 cooling parameter, i.e. duration of  
 cooling from 800 – 500° C in  $s \times 10^{-2}$

Probe / Sample	$\lambda$	HV <sub>10</sub>
a	0,4	821
b	1,1	821
c	3,0	801
d	8,0	733
e	13,0	761
f	23,0	673
g	44,0	430
h	65,0	272
j	180,0	249



### Gefügemengenschaubild / Quantitative phase diagram

- K Karbid / Carbide
- RA Restaustenit / Retained austenite
- A Austenit / Austenite
- M Martensit / Martensite
- P Perlit / Perlite

