

V Š S T Liberec

Fakulta strojní

Obor: 31-11-8

Strojírenská technologie

zaměření :

Tváření kovů a plastických hmot .

Katedra teorie tváření a nauky o materiálu

Název dipl. práce:

Vliv brzdících listů na pevnost svarových spojů.

Autor:

Miroslav Taršl

Vedoucí práce:

Doc.ing.Jaroslav Těšj Csc

Konzultant:

/ pracoviště KMT /

ing. Jan Wallisch

/ pracoviště KIZ /

Rozsah práce a příloh:

Počet stran ...70

Poč.příl.a tab..7

Počet grafů....4

Počet obrázků..31

V Liberci 28.V.1976

## DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro s. Miroslava Teršla

obor strojírenská technologie

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

Název tématu: Studium vlivu brzdících lišt na pevnost svarových spojů.

Pokyny pro vypracování:

1. Použití brzdících lišt při tažení.
2. Podmínky odporového svařování výlisků z tenkých plechů.
3. Navrhněte experimentální sledování vlivu změny mechanických vlastností plechu na volbu svařovacího režimu.
4. Proveďte ověřovací zkoušky a vyhodnocení na podmínky svařování karosářských výlisků.
5. Závěr.

**Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III; 2 ze dne 13. července 1962 a č. j. 1 530/XV, res. 24 ze dne 31. 8. 1968 § 15 autorského zákona z 11. 5. 62.**

**VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
Ústřední knihovna  
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5  
PŠČ 461 17**

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1. Kolektiv :Lisování. SNTL 1971
2. Zpráva státního úkolu F3 -22-6/3c
3. Pluhař-Korita: Strojírenské materiály. SNTL 1966

Vedoucí diplomové práce: Doc.Ing.Jaroslav Tměj CSc

Konsultanti: Ing. Jan Wallisch

Datum zahájení diplomové práce: 15. X. 1975

Datum odevzdání diplomové práce: 28. V. 1976

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ  
LIBEREC  
L. S.

Doc.Ing.Václav Chaloupecký CSc

Vedoucí katedry

Doc.Ing.Oldřich Krejčíř CSc

Děkan

v Liberci dne 15. X. 1975

**Místopřisežné prohlášení.**

„Místopřisežně prohlašuji ,že jsem diplomovou  
práci vypracoval samostatně s použitím  
uvedené literatury.“

V Liberci dne 28.V.1976

Miroslav Teršl

STUDIUM VLIVU BRZDÍCÍCH  
LIŠT NA PEVNOST SVAROVÝCH  
SPOJŮ

OBSAH

1. ÚVOD	3
2. POUŽITÍ BRZDÍCÍCH LIŠT PŘI TAŽENÍ	5
2.1 Teorie tváření plechu za studena	5
2.1.1 Chemické složení	5
2.1.2 Struktura	7
2.1.3 Mechanické vlastnosti	8
2.1.4 Vliv stárnutí	9
2.1.5 Pevnostové a vnitřní vady	10
2.1.6 Anizotropie materiálu	12
2.2 Tažení	15
2.2.1 Lisování mělkých velkorozměrných výtažků nepravidelného tvaru	17
2.2.2 Způsoby regulování toku materiálu	18
2.2.3 Brzdící lišty	20
2.2.4 Výhody a nevýhody použití brzdících lišt	23
3. PODMÍNKY ODPOROVÉHO SVAŘOVÁNÍ VÝLISKU Z TENKÝCH PLECHU	23
3.1 Charakteristika a princip odporového svařování	23
3.2 Základy odporového svařování	25
3.3 Parametry a režimy odporové svařovky	26
3.4 Bodové svařování	27
3.5 Technologie bodového svařování	28
4. EXPERIMENTÁLNÍ SLEDOVÁNÍ VLIVU MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ PLECHU NA VOLBU SVAŘOVACÍCH PARAMETRŮ	32
4.1 Popis zkušebního zařízení pro vymezení vlivu brzdících lišt.	32
4.2 Použitý materiál a příprava vzorku	37
4.3 Zkouška svařitelnosti a technologické podmínky svařování	38
4.4 Návrh variant brzdících lišt	40

<b>5. OVĚŘOVACÍ ZKOUŠKY</b>	42
5.1 Protahování vzorků	42
5.2 Zkoušení protaženého materiálu	50
5.3 Svařování vzorků a zkouška pevnosti svarů	56
5.4 Metalografické vyhodnocení struktury	58
<b>6. ZÁVĚR.</b>	68
Literatura	70

## 1. Ú V O D

Při realizaci nových cílů rozvoje naší společnosti, která pro budoucí léta určil XV. sjezd KSČ, je důležité využívání bohatých možností vědeckotechnického pokroku.

V současné průmyslové výrobě zaujímá tváření plechů čelní místo, neboť patří k nejehospodárnějším způsobům zpracování materialu. Jeho výhody lze ocenit z několika hledisek.

Využití materialu je vzhledem k velikosti odpadu velmi dobré. Tento proces lze zařadit do výrobních linek a v některých případech i plně automatizovat. Také rychlost výroby je větší, než při jiných způsobech.

Hluboké tažení je technologií, která se uplatňuje při výrobě nejrůznějších součástí pro automobilevý, letecký, elektrotechnický a potravinářský průmysl a v mnoha dalších odvětvích. Vyžaduje vysokou technologičnost a technologické zpracování. Na druhé straně se však oproti obrábění, svařování, lití atd., vyznačuje nižší cenou a větší přesností.

S rostoucím uplatněním hlubokého tažení v průmyslu, však také stoupá poptávka a zvyšují se nároky na jakostní, hlubokotažný material. Zpřesňují se požadavky na čistotu oceli ve válcovnách za tepla i za studena, na tepelné zpracování, zkoušení plechů a kvalitu povrchu vývalků.

Při tažení výtažků nepravidelných tvarů jsou i podmínky tažení daleko složitější. Abychom dosáhli vhodné napjatosti v jednotlivých místech výtažků, musíme odpor proti vytahování z oblasti přidržovače úmyslně zvětšovat. Zde se jedná o místa s minimálním tažením materialu, nebo o místa, kde dochází dokonce jenom k ohybu.



V těchto místech používáme, jako odporu proti vytahování materialu z oblasti přidržovače, brzdících lišt. Tím dochází k regulaci toku materialu.

Použití brzdících lišt se ovšem vyhýbáme v případech, kde by stopy po brzdících lištách překážely dalším technologickým operacím. Například tam, kde se příruba dále upravuje.

Použití brzdících lišt při tažení plechu má také za následek změnu mechanických vlastností tvářeného plechu, což se projeví i při dalších technologických operacích, které bude nutno s tímto materialem provádět.

Tato diplomová práce se zabývá vlivem brzdících lišt na pevnost svarových spojů. V automobilovém průmyslu při výrobě karoserií se jednotlivé díly spojují bodovým svařováním a to právě v okrajových částech výtažku. Tedy v místech, kde byl material tvářen průchodem přes brzdící lištu. Je tedy vidět, že právě zde je otázka studia vlivu brzdících lišt na svařitelnost plechů opodstatněná.

Proto byly prováděny zkoušky s materialem KOHAL 11 305.21 ČSN 411 305 používaném v AZNP Mladá Boleslav k výrobě karoserií.

Posouzení výsledků zkoušek by mělo ukázat, které způsoby brzdění materialu a jaké svařovací parametry si navzájem nejlépe vyhovují, zaručují maximální kvalitu svarových spojů a tím i bezpečnost celé konstrukce a naopak upozornit na kombinace, kterých bychom se měli ve výrobě vyvarovat a nebo je omezit na minimální nutnou míru.

## 2. POUŽITÍ BRZDÍCÍCH LISTŮ PŘI TAŽENÍ

### 2.1. Teorie tváření plechu za studena

Tváření za studena je mechanické zpracování kovů, při kterých se mění vzájemná poloha jejich částic, při teplotách nižších, než je teplota rekrytalizace. Tím se mění mechanické vlastnosti materiálu.

Nastává zpevnění při poklesu tažnosti vlivem poruch krystalové mřížky a zbylých napětí v kovu. Velikost této změny závisí na druhu materiálu, na stupni deformace a tvaru nástroje. Při tváření vzniká textura. Je to způsobeno prodlužováním krystalů ve směru tváření. Přitom se ovšem kov na povrchu zpevňuje více než uvnitř materiálu. Ohřevem se odstraní poruchy mřížky, umožní se přechod atomů do rovnovážné polohy a tím se kov zotaví.

Vliv na lisovatelnost plechů má jeho chemické složení, struktura, mechanické vlastnosti, anizotropie materiálu, vliv stárnutí, vady polotovarů a tepelné zpracování.

#### 2.1.1 Chemické složení

Plastická deformace se v kovech uskutečňuje posuvem částic zrna materiálu, obvykle v atomových rovinách, hustě obsazených atomy.

Tyto skluzy se uskutečňují pohybem dislokací /poruch v mřížce kovu/. Primární krystaly kovu se zjemňují a protahují ve směru tváření.

Při tom se zvyšuje pevnost a mez skluzu, tažnost a zúžení se při tom snižuje, to znamená, že se zmenšuje houževnatost.

Atomy cizích prvků působí jako klíny a brání posuvům v kluzných rovinách. Naopak je možné v technických slitinách, přidáním některých příměsí, lisovatelnost zvýšit. To se stane tehdy, jestliže přisada na sebe váže látky, které lisovatelnost zhoršují / např. mangan váže kyslík a síru, vanad nebo titan dusík, hliníkem se oceli uklidňují a pod./.. Proto je nutno chemické složení posuzovat s přihlédnutím ke struktuře a metalografickému typu slitiny.

### 2.1.2 Struktura

Slitiny homogenní lze snadněji deformovat než slitiny heterogenní. Z tohoto hlediska je dobrá lisovatelnost u slitin tzv. tuhých roztoků. Složitější situace je u vytvrditelných slitin. Zde je dobrá lisovatelnost ve stavu, kdy je tuhý roztok nestabilní. Tedy byl-li ohřát a rychle ochlazen abychom potlačili vyloučení příměsí podél segregáční čáry.

Dojde-li k dodatečnému vyloučení heterogenních příměsí, stoupne pevnost, klesne tažnost a lisovatelnost je velmi špatná. Tento proces proběhne buď samevolně /tzv. stárnutí/, nebo při zvýšené teplotě úmyslně /tzv. vytvrzování/.

U ocelových plechů se ve struktuře vyskytují oba typy těchto slitinových roztoků - jak tuhý roztok, tak i vytvrditelná slitina. Uhlík obsažený v oceli tvoří s Fe tuhý roztok  $\alpha$  jen do obsahu několika tisícin procenta. Použití slitin tohoto typu je nevýhodné jak z hlediska hutní výroby, tak i požadovaných vlastností pro lisování.

Ve své době se ustálilo složení od 0,04 do 0,08 % C /6/. Tato oblast je mimo pole rozpustnosti uhlíku v železe  $\alpha$ . Pro lisovatelnost je zcela nevhodná struktura s tzv. terciálním cementitem, který vzniká tím, že část uhlíku v železe  $\alpha$  se v okolí eutektoidní teploty rozpustí a po vychladnutí vykrytalizuje v tuto křehkou a tvrdou strukturu, která se při lisování drtí. Tomu lze předejít dodržením technologických postupů v hutní výrobě.

Nežádoucí příměsí v oceli je i dusík, tvořící nitridy, z nichž největší rozpustnost má  $Fe_4N$ . Proto se jeho obsah musí snižovat a pokud to není možné, potom musíme lisovat tehdy, kdy  $Fe_4N$  je přítomen ještě v rozpuštěném stavu a ne jako segregát.

Vešle struktury je nutno posuzovat i nejvhodnější velikost zrna pro lisování. Všeobecně se soudí, že menší velikost zrna je vhodnější, protože roste mírně pevnost materiálu a při tom neklesá tažnost, což je pro tažení výhodné.

### 2.1.3 Mechanické vlastnosti

Provedením statické zkoušky tahem, obdržíme několik srovnatelných materiálových hodnot, podle kterých je možno hodnotit lisovatelnost.

- Jsou to: pevnost tahu /kp/mm<sup>2</sup>/  $\sigma_{pe}$   
 mez skluzu /kp/mm<sup>2</sup>/  $\sigma_{kt}$   
 tažnost %  $\delta$   
 poměrné zúžení %  $\gamma$

Aby lisovatelnost plechu byla co nejlepší, je nutné splnit tyto požadavky:

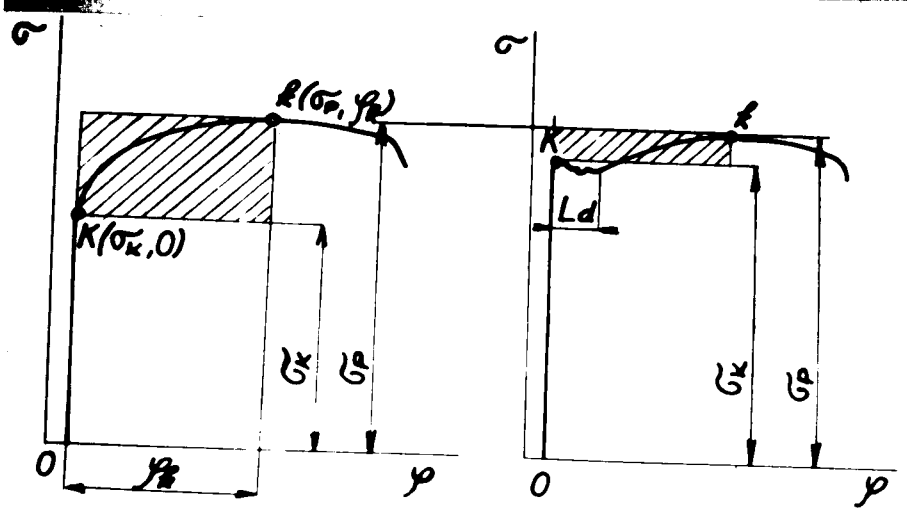
- a/ aby mez průtažnosti  $\sigma_{kt}$  byla co nejnižší /tím se sníží pružné deformace/

- b/ aby poměr  $\frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{FL}}$  byl co nejmenší /zvětší se rozsah trvalých deformací/
- c/ aby poměrné prodloužení bylo co největší / umožňuje velkou deformaci v jedné operaci/.

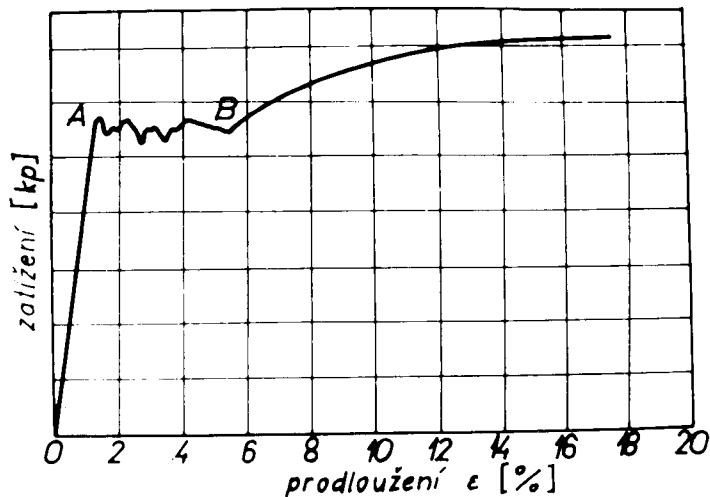
2.1.4 Vliv stárnutí

V oceli dochází po určité době ke změně mechanických vlastností. Tuto změnu způsobují precipitační pochody nitridů. Tento proces, který nepříznivě ovlivňuje lisovatelnost, nazýváme stárnutí.

Stárnutím se mez pevnosti v podstatě nemění, zato se ale zvyšuje mez kluzu, čímž se zúží pásmo lisovatelnosti a materiál má sklon k Lüdersově deformaci a tedy výskytu vrásek. Z toho je patrné, že nepříznivý vliv stárnutí je potřeba omezit. To lze například provést tzv. renovací materialu.



Obr. 1 Vliv stárnutí na hodnotu mech.vl. a na tvar diagramu -  
 a/ těsně po vyválnování  
 b/ sestárlé oceli



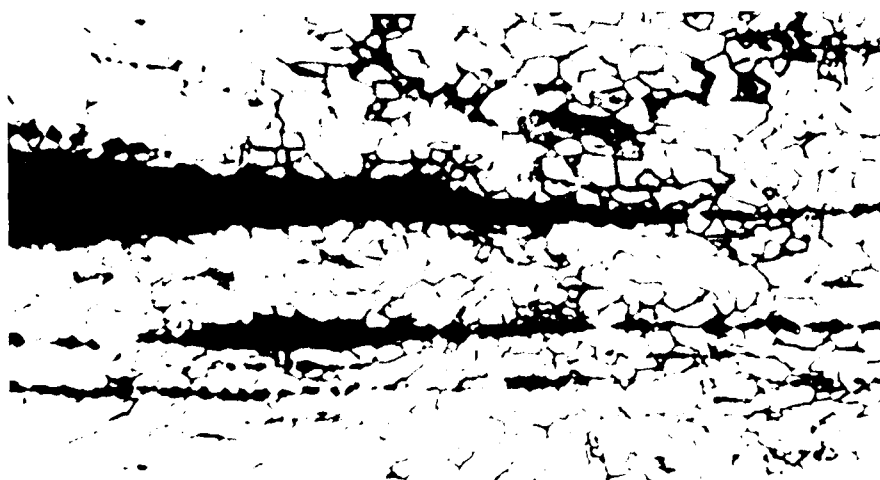
Obr. 2 Oblast AB - oblast vzniku Luders. def.

Nebezpečí stárnutí vlivem dusíku je tím menší, čím méně ho ocel obsahuje a čím více se nám ho podaří vázat na nitrídy, stále při vysokých teplotách. Takové nitrídy tvoří například dusík s hliníkem. Podobně působí i titan, proto se přidávají někdy v kombinaci.

Tímto způsobem odolný proti stárnutí je plech 11 305 . 21 - KOHAL 20. Obsahuje 0,025% Al.

### 2.1.5 Povrchové a vnitřní vady

Povrchové vady, nerovnosti, rysky a vrásky působí jako vrub a ve svém okolí nepříznivě ovlivňují vývoj plastické deformace. Vnitřní vady vznikají následkem vyššího obsahu kyslíkových vycezení ve feritické struktuře oceli. Jejich uspořádání bývá v určitém směru souvislé. Adhézní soudržnost oxidů a feritických zrn je podstatně menší, než adhézní síly mezi krystaly a proto dochází už při malých tangenciálních napětích k posuvům vrstev a tím i k závojení, případně vyboulení plechu, což je již značná materiálová závada.



Obr. 3 Vada plechu závojením

#### 2.1.6 Anotropie materialu

Homogenní hmota se stejnými izotropními vlastnostmi, v kterýchkoliv místech materiálu je nereálná a tyto představy nesplňuje ani ta nejjednodušší slitina. V každém skutečném materiálu se vlivem nerovnoměrného rozdělení vměstků, segregací některých prvků různé velikosti zrna, projeví nehomogenita zejména mechanických a fyzikálních vlastností.

Válcováním plechu dochází k směrovému uspořádání jednotlivých krystalů, vzniká textura.

Tepelným zpracováním, rekrystalizací, lze měnit toto uspořádání krystalů, ty ztrácejí své přímkové uspořádání a rekrystalizují do různé velikosti zrna, která je závislá od velikosti předchozí deformace.

Při válcování však dochází i ke směrovému uspořádání nečistot. Nečistoty se však při rekrystalizaci netříští, ale stávají se často krystalizačními centry, na kterých krystalizuje nová struktura.

Materiál obvykle vykazuje ve směru válcování nejlepší mechanické vlastnosti a nejhorší vlastnosti pak ve směru kolmém.

Proto při úvahách o materialu a jeho vhodnosti pro lisování je vhodnější, vycházet z nižších hodnot mechanických vlastností, to znamená ve směru kolmém na směr válcování.



## 2.2. Tažení

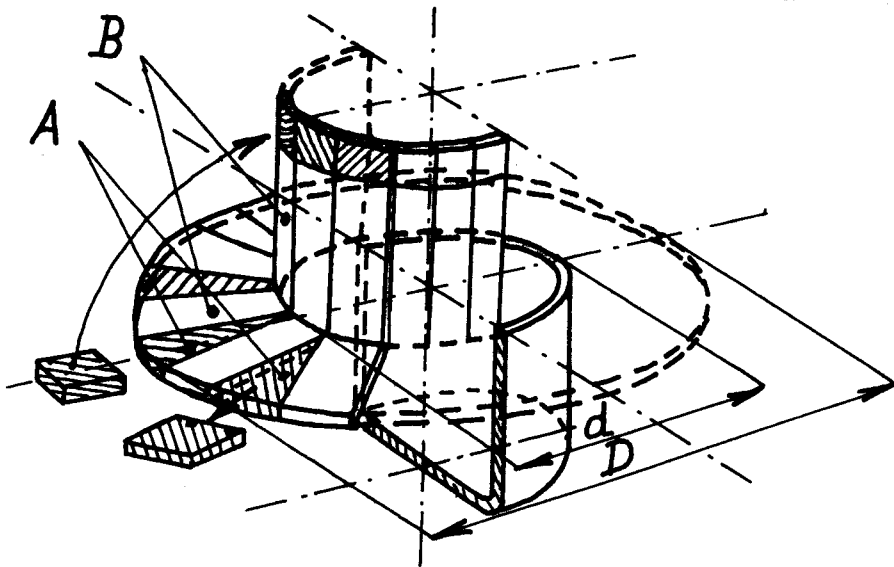
Tažení materiálů je umožněno plastickou deformací tvářeného materiálu. Při tažení se musí přemístit objem, který je u jednoduché válcové nádoby dán vztahem

$$V_p = \frac{\pi}{4} (D-d)^2 \cdot s$$

Stupěň deformace / E / je pak dán objemem přemístěného materiálu k objemu deformovanému.

Vztahy vyplývají z obrázku.

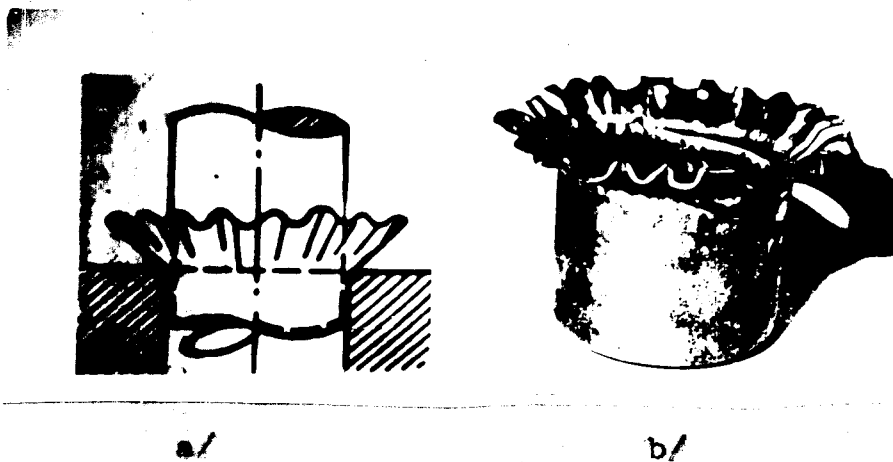
$$E = \frac{V_p}{V_{def}} = \frac{\frac{\pi}{4} (D-d)^2 \cdot s}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot s} = \frac{D-d}{D+d}$$



Obr.4 Schema zhotovení kruhové nádoby

Při hlubokých tazích je přemísťování nadbytečného materiálu / trojúb. A / příčinou vzniku zvlnění tvářeného polotovaru v jeho krajích. Tyto vlny, které se tvoří na okraji příruby zvětšují odpor proti vtahování materiálu.

lu a jestliže napětí překročí mez pevnosti materiálu dojde i k utržení dna nádoby.



- a/ při procesu tažení  
b/ praktický případ

Obr.5 vznik vln na okraji výtažku

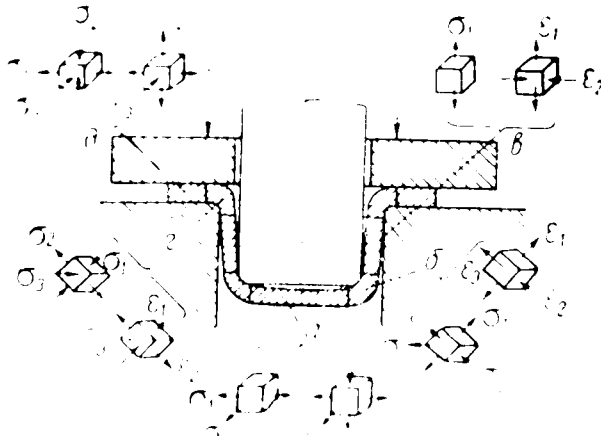
Tvoření vln lze zabránit, jestliže použijeme tažení s přidržovačem, čímž snížíme odpor proti tažení.

Při tažení s přidržovačem se vyskytují tato napětí:/obr. 6/

- hlavní tahové napětí působí ve směru radiálním
- hlavní tlakové napětí působící ve směru tangenciálním
- hlavní napětí, které je způsobeno tlakem přidržovače ve svislém směru.

Toto posledně jmenované napětí je ovšem ve srovnání s předcházejícími dvěma malé a proto je při úvahách zanedbatelné. V přírubě tvářeného polotovaru uvažujeme rovinnou napjatost. Proto uvažujeme, že napětí

$\sigma_3$  působící ve směru tloušťky je zanedbatelně malá, vzhledem k  $\sigma_1$  a  $\sigma_2$  nebo dokonce nulová.



Obr. 6 Napětí vzniklá při tažení přidržovačem.

Stav napjatosti ve zvoleném místě vylisku charakterizuje hodnota

$$m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

Pomocí hodnot skutečného přetvoření  $\varphi_1$  a  $\varphi_2$  můžeme  $m$  vyjádřit takto:

$$m = \frac{2\varphi_2 + \varphi_2}{2\varphi_1 + \varphi_2}$$

a ve vylisku jej stanovíme použitím deformační sítě. Na jejich základě lze vyjádřit i stupeň přetvoření v daném místě vylisku.

Intenzita přetvoření je

$$\varphi_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_1 \varphi_2 + \varphi_2^2}$$

$$\sigma_i = \sigma_1 \sqrt{1 - m + m^2}$$

Tažnou sílu při tažení válcové nádoby (první tah) určíme se vztahu

$$P = 5d_1 \cdot S_0 \cdot k_{fm} \cdot \ln \beta$$

$d_1$  - průměr tažníku /mm/

$S_0$  - tloušťka polotovaru /mm/

$k_{fm}$  - deformační odpor /kp mm/