

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce
Fakulta strojní

V. 57/85

obor 23 - 07 - 08

Strojírenská technologie

zaměření

tváření kovů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

URČOVÁNÍ NORMÁLOVÉ ANIZOTROPIE A SOUČINITELE
DEFORMAČNÍHO ZPEVNĚNÍ HLUBOKOTAŽNÝCH PLECHŮ

M a r t i n S a b o l

KPT - 359

Vedoucí práce : ing. V. Mikeš CSc , KPT

Konzultant : ing. J. Kuna , ŘJ AZNP

Rozsah práce a příloh:

Počet stran..... 66

Počet příloh..... 4

Počet obrázků..... 32

10.5.1988

Vysoká škola: strojná a textilní Fakulta: strojná
Katedra: tváření a plastů Školní rok: 1987/88

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro s. Martina Sabolu
obor 23 07 - 8 Strojírenská technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Určování normálové anizotropie a součinitele
deformačního zpevnění hlubokotažných plechů.

Zásady pro vypracování:

- 1) Význam normálové anizotropie a součinitele deformačního zpevnění z hlediska lisovatelnosti plechů.
- 2) Seznámení s metodami určování uvedených materiálových charakteristik v podmínkách AZNP Ml. Boleslav.
- 3) Rozbor vlivu technologie výroby zkušebních tyčí a přesnosti měření ve vztahu k návrhu ČSN 420435 a 420436.
- 4) Návrh metodiky určování uvedených charakteristik hlubokotažných plechů pro potřebu AZNP Ml.Boleslav.
- 5) Technicko ekonomický rozbor.

V 259
~~259~~
1/885
oprávněný
KPT/TP
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 6
PSC 461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy:

45 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1) Návrh ČSN

2) Pollák, L.: Anizotropia a hlbokořažnosť
ocelových plechov. ALFA Bratislava
1978.

3) Machek, V.: Tenké ocelové pásy a plechy
válcované za studena.
SNTL Praha 1987.-

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Viktor Mikeš, CSc

Datum zadání diplomové práce:

11. 9. 1987

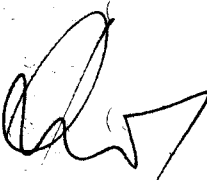
Termín odevzdání diplomové práce:

10. 5. 1988


Doc. Ing. Jaroslav Tměj, CSc.

Vedoucí katedry




Prof. Ing. Vladimír Prášil DrSc.

Děkan

Liberci

12. 9.

87

V dne 19.....

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci 10. 5. 1988

Maas: Labej
.....

OBSAH

1.	Úvod.....	8
2.	Posuzování vhodnosti plechů k hlubokému tažení....	9
3.	Normálová anizotropie a deformační zpevnění.....	14
3.1	Anizotropie plechů.....	14
3.2	Vliv krystalografické textury na r.....	16
3.3	Vliv výrobně - metalurgických činitelů na r.....	18
3.4	Definice normálové anizotropie.....	20
3.5	Metodika měření r dle návrhu ČSN 42 04 35.....	23
3.6	Definice exponentu deformačního zpevnění.....	27
3.7	Vliv výrobně - metalurgických činitelů na n.....	31
3.8	Metodika měření n dle návrhu ČSN 42 04 36.....	33
4.	Význam r a n z hlediska lisovatelnosti plechů.....	40
4.1	Lisovatelnost a činitelé lisovatelnost ovlivňující	40
4.2	Vliv r při tažení výlisků.....	41
4.2.1	Teorie plasticity anizotropního plechu.....	41
4.2.2	Vliv normálové anizotropie na mezní koeficient tažení.....	43
4.2.3	Normálová anizotropie a cípovitost výtažků.....	44
4.3	Vliv n při tažení výlisků.....	46
4.4	Souhrnný vliv r a n na hlubokotažnost plechů.....	47
5.	Metody určování materiálových charakteristik v podmínkách AZNP Mladá Boleslav.....	50
5.1	Metody určování součinitele r.....	50
5.2	Metody určování exponenta n.....	53
6.	Volba náplně a rozsahu experimentální části práce.	55
6.1	Volba materiálu.....	55
6.2	Výroba zkušebních tyčí.....	58
6.3	Proměření zkušebních tyčí.....	58

6.4	Určení r a n na trhacím stroji EU-40 a FPZ-100.....	58
6.5	Vyhodnocení zkoušek.....	59
7.	Technicko - ekonomický rozbor.....	63
8.	Návrh metodiky pro určování r a n v podmínkách AZNP.....	63
9.	Závěr.....	64
10.	Poděkování.....	65
Seznam použité literatury		

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

zodpovědi - posudek

a_0	počáteční tloušťka zkoušené části zkušební tyče
a_k	konečná tloušťka zkoušené části zkušební tyče
b_0	počáteční šířka zkoušené části zkušební tyče
b_k	konečná šířka zkoušené části zkušební tyče
L_t	celková délka zkušební tyče
L_c	zkoušená délka zkušební tyče
L_0	počáteční měřená délka zkoušené části zkušební tyče
L_k	konečná měřená délka zkoušené části zkušební tyče
r	součinitel normálové anizotropie
r_0, r_{45}, r_{90}	součinitel normálové anizotropie ve směrech $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ vzhledem ke směru válcování
r_m	průměrná hodnota součinitele normálové anizotropie
Δr	stupeň plošné anizotropie součinitele r
ϵ_r	maximální rovnoměrná deformace
F_m	maximální osová tahové zatížení
L_m	délka zkoušené části zkušební tyče při zatížení F_m
ΔL	okamžité trvalé prodloužení zkoušené části zkušební tyče po okamžitém zatížení F
L	okamžitá měřená délka
L_1	počáteční měřená délka užší části zkušební tyče
L_2	počáteční měřená délka širší části zkušební tyče
\acute{L}_1	okamžitá měřená délka užší části zkušební tyče
\acute{L}_2	okamžitá měřená délka širší části zkušební tyče
b_1	počáteční šířka užší části zkušební tyče
b_2	počáteční šířka širší části zkušební tyče
S_0	počáteční průřez
S	okamžitý průřez
φ	okamžitá skutečná deformace

σ	okamžité skutečné napětí
F	okamžité zatížení
n	exponent deformačního zpevnění
n_i	exponent deformačního zpevnění pro jeden bod měřeného intervalu "F- L"
n_0, n_{45}	exponenty deformačního zpevnění ve směru $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$
n_{90}	vzhledem ke směru válcování
n_m	průměrná hodnota exponenta n
Δn	stupeň plošné anizotropie exponenta n
C	konstanta pevnosti
k	počet měření
σ_i	intenzita napětí
φ_i	intenzita deformace
K	stupeň tažení
K_1	stupeň redukce
σ_r	rovnoměrná tažnost

1. ÚVOD

Je jen málo oblastí zkoušení materiálů, kde by existovalo takové velké množství zkoušek, které slouží pro ten jistý účel, tak jako je to při zkoušce hlubokotažnosti plechů. Ani na základě rozsáhlého výzkumu se ještě nedospělo k definitivnímu rozhodnutí, které vlivy jsou určující, tedy která zkušební metoda by byla z hlediska posouzení hlubokotažnosti plechů nejvhodnější. Řešením této otázky se zabývá mezinárodní organizace INTERNATIONAL DEEP DRAWING RESEARCH GROUP.

Ještě dnes je těžko říci, pro kterou z existujících, resp. nových zkušebních metod, se tato organizace na základě shromážděných poznatků rozhodne. Takovéto rozhodnutí je však nutné z hlediska posouzení hlubokotažnosti plechů v celosvětovém měřítku, protože v normách různých států jsou předepsané různé zkoušky hlubokotažnosti.

Význam objektivního posouzení hlubokotažnosti plechů názorně vyplývá ze statistického přehledu, který vypracovala Acma School of Die Desing Engineering, z kterého vyplývá, že 16 % zmetků při hlubokém tažení vzniká z nezjištěných příčin. Tedy je potřebný výzkum, který by zavedl objektivní a reprodukovatelné zkoušky, charakterizující proces při hlubokém tažení.

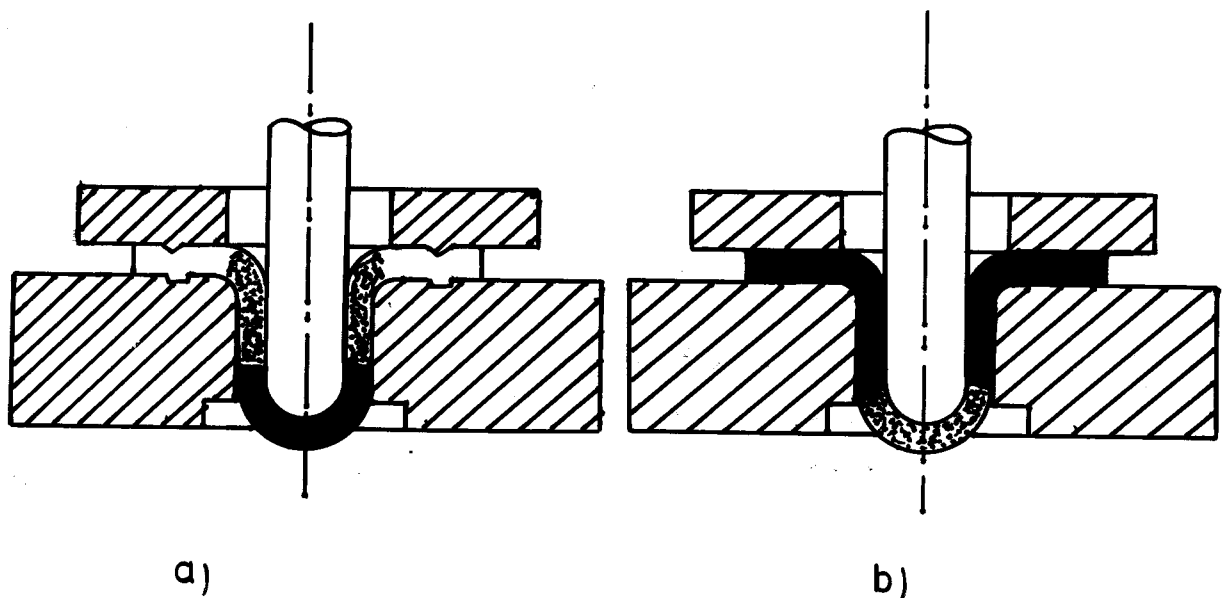
H cel práce -
zpracování zprávy -
zpracování zprávy -
zpracování zprávy -
zpracování zprávy -
zpracování zprávy -

2. POSUZOVÁNÍ VHODNOSTI PLECHŮ K HLUBOKÉMU TAŽENÍ

Pod hlubokotažností plechů ve všeobecnosti rozumíme schopnost daného plechu k plastickému přetvoření bez porušení souvislosti, resp. bez výskytu lokální deformace. Na hlubokotažnost působí různé parametry:

metalurgické vlastnosti plechu, konstrukce tvářecího nářadí, podmínky plastické deformace, maštění, tlak přidržovače, tvar polotovaru, tvar výlisku atd.

Na základě analýzy procesu hlubokého tažení pomocí deformačních sítí, měření hrubosti plechu výlisku a analýzou různých druhů porušení při hlubokém tažení je možné usoudit na mechanickém schématu deformace při tažení.



Obr. č. 1 Vymezení stavu napětí při hlubokém tažení .

Na základě provedených výzkumů bylo konstatováno, že se vyskytují dva hlavní druhy rovinných deformací.

1. Dvojsoý tah

2. vlastní tažení / převládající tlak /

Kromě toho tyto druhy deformací doprovází také jednoosý tah bočních stěn výlisku a ohyb s tahem na zaoblené tažné hraně tažnice. V případě na obr. la plech mezi tažnicí a přídržovačem neteče, ale deformace probíhá výlučně na povrchu tažníku, hlavně na jeho konci. V případě na obr. lb plech po opuštění mezery mezi tažnicí a přídržovačem už není dále deformovaný. V případě obr. la je plech tažený se stenčením tloušťky, v případě obr. lb se jedná o vlastní tažení. Uvedené dva základní druhy deformací můžou při hlubokém tažení probíhat současně, následně nebo jeden z nich může být dominující. Tedy proces hlubokého tažení je nejčastější kombinací rovinné deformace při dvojsoém tahu a rovinné deformace při tlaku.

V různých případech hlubokého tažení konkrétního výlisku nastávají různá mechanická schémata deformací. To závisí na působících deformacích napětích ve směru radiálním, tangenciálním a ve směru normály / tloušťky / .

V této různosti mechanických schémat deformací v konkrétních případech hlubokého tažení spočívají hlavní těžkosti při objektivním posouzení vhodnosti daného plechu k hlubokému tažení.

V zásadě zkoušky hlubokotažnosti je možné rozdělit do dvou skupin :

a/ základní

b/ napodobňující

Mezi zkoušky základní patří především zkouška tahem,

dále je to zkouška tvrdosti, velikosti a tvaru zrna, vměstků, chemický rozbor, röntgenografická difrakce a jiné.

Mezi zkoušky napodobňující patří zkoušky:

Erichsenova, Engelhardtova, Olsenova, Fukuiho, Swiftova, Guyotova, Bulgeho, AEG, Petrachova a jiné. Napodobňující zkoušky hlubokotažnosti mohou úspěšně hodnotit schopnost plechu k hlubokému tažení podle toho, jak mechanická schémata deformací při dané zkoušce odpovídají mechanickým schématům deformací při hlubokém tažení konkrétního výtažku, které se případ od případu mění, kdežto pro danou zkoušku hlubokotažnosti je konstatní .

Nejznámější a nejrozšířenější napodobňující zkouškou hlubokotažnosti je zkouška hloubením, která je všeobecně známá pod názvem Erichsenova zkouška, i když existují i jiné zkoušky na tomto stejném principu / Olsenova, Averyho /. Kritérium hlubokotažnosti je velikost dosaženého prohloubení v okamžiku vytvoření trhliny. Jakost plechu se posuzuje podle průběhu trhliny a velikosti zrna v okolí trhliny. Všeobecně platí, že čím je kvalitnější a plastičtější plech, tím jemnější zrno je v oblasti trhliny a tím rovnoměrnější a kruhovitější je trhlina.

Ve všeobecnosti platí názor, že Erichsenova zkouška je charakterizovaná tahovým namáháním, a proto její výsledky nemohou být směrodatné pro takové tvary výlisků, kde převládá tlakové namáhání, jako je například u válcových výtažků.

Druhou velkou skupinu napodobňujících zkoušek hlubokotažnosti tvoří zkoušky kalíškovací. Ve většině případů kalíškovací zkouška odpovídá hlubokému tažení válcovaného výlisku, při kterém se vyskytuje tlakové namáhání. Kalíškovací zkoušky, je možné ve většině případů pokládat za zkoušky komplex-

ní, při kterých se vyskytují oba dva hlavní druhy deformací, které mohou vystupovat v procesu hlubokého tažení, ale dominujícím namáháním je namáhání tlakové. Pokud jde o kalíškovací zkoušky, nesmí se přehlédnout skutečnost, že válcové tvary nemají převahu mezi výlisky, vyráběnými tažením. Z tohoto hlediska byl podnětný přístup Guyota, který na základě už vzpomínaného ohraničení deformací při hlubokém tažení navrhl dvě zkoušky : zkoušku dvojosým tahem a Guyotovu klínovou zkoušku / tlak /. V praxi se vyskytují tvary výtažků, kde dominující deformací je deformace tlaková nebo tahová, resp. tyto deformace vystupují společně nebo následně, ani Guyotem navržené dvě zkoušky neposuzují podmínky při hlubokém tažení komplexně a objektivně. Není zaručená ani jednotná interpretace výsledků zkoušek. Proto mnozí autoři jsou zastánci používání základních zkoušek, jejichž výsledky nejsou sporné, ale často je sporné jejich aplikování na tažení hlavně složitých výtažků.

Uvedené vedlo k tomu, že ve snaze o získání méně zkreslených výsledků z hlediska hlubokotažnosti byla místo napodobňujících zkoušek prováděna nejrozšířenější základní zkouška, zkouška tahem. Podrobnější studium konvenčního tahového diagramu vedlo k výzkumu charakteristik, které vycházejí z tahového diagramu skutečného napětí - skutečné deformace.

Z toho vycházel Arbel, když navrhl hodnotit hlubokotažnost podle exponentu n rovnice vyjadřující křivku zpevnění při jednoosém tahu. Grussard též doporučil jako kritérium exponent zpevnění n , ale současně zjistil, že nemůže být jediným kritériem. Výzkum tažení při dvojosém tahu, provedený Lankfordem a Swiftem, dokázal nevyhnutelnost zavedení kritéria charakterizujícího nestabilitu tohoto procesu.

Zkoumáním mechanismů deformací pod přidržovačem při tažení válcového výtažku a při dvojosém tahu v tažnici s eliptickým profilem se zjistila nevyhnutelnost započítat směrovou závislost vlastností plechu. Tento závěr byl nevyhnutelný, když se zkoumaly deformace po šířce a tloušce, které teoreticky při zkoušce jednoosým tahem by měly být stejné, ale ve skutečnosti jsou různé pro různé kovy a různé směry toho samého plechu. Proto Lankford zavedl další kritérium - součinitel normálové anizotropie r .

Na základě uvedených poznatků se dospělo, vycházejíc z diagramu skutečné napětí - skutečná deformace, ke vzniku dvou nových kritérií pro posouzení vhodnosti plechů k hlubokému tažení: součinitel normálové anizotropie a exponent deformačního zpevnění.

V ČSSR podle příslušných ČSN se používají základní a napodobňující zkoušky hlubokotažnosti. Ze zkoušek základních jsou to hodnoty tahové zkoušky / R_e , R_m /, velikost a tvar zrna, stupeň vyloučení karbidů. Jako zkouška napodobňující se používá Erichsenova zkouška hloubením.

V ČSSR je poměrně rozšířená Engelhardova kalíškovací zkouška, která je zavedená v NDR. Jejímu většímu uplatnění u nás brání hlavně častá poruchovost zkušebního zařízení.

V ostatních krajinách kromě základních zkoušek se z napodobňujících zkoušek nejčastěji používá Erichsenova zkouška hloubením. K ní v některých krajinách přistupují další napodobňující zkoušky, jako např. Olsenova /USA/, Fukuiho /Japonsko/. Z uvedeného vyplývá, že zatím žádná krajina nemá normou předepsané hodnoty r a n . Rozsáhlý výzkum z této oblasti však dává předpoklady, že tyto hodnoty budou v průběhu krátkého času zahrnuty do norem jednotlivých krajin.

3. NORMÁLOVÁ ANIZOTROPIE A DEFORMAČNÍ ZPEVNĚNÍ

3.1 Anizotropie plechů

Anizotropie plechů se definuje jako směrová závislost mechanických a fyzikálních vlastností, přičemž za výchozí / porovnávací / se pokládá směr válcování. Anizotropie má hlavní příčinu v samostatném procesu válcování, které vykazuje charakteristické mechanické schéma deformací plastického přetvoření. Z hlediska anizotropie, z důsledků plastické deformace na strukturu, důležitá úloha připadá změně tvaru zrna a změně orientace zrn. Na celkové anizotropii se podílí také řada deformačních textur.

V zásadě se rozlišují tři druhy deformačních textur:

1. strukturní
2. krystalografická
3. žíhací

Strukturní textura se někdy nazývá i vláknitá textura.

Je ji možno pokládat za stálou, protože ji není možno odstranit tepelným zpracováním.

Deformační proces polykrystalického agregátu je provázený charakteristickým mechanismem deformace, který je spojený s deformační energií jednotlivých kovů. Každá mřížka usiluje zaujmout takovou polohu, aby její roviny skluzu svíraly proti směru působících deformačních sil minimální úhel. Důsledkem takového mechanismu je vznik krystalografické deformační textury.

Existují dvě krystalografické textury:

1. vláknitá
2. válcovací

Vláknitá textura je definovaná přednostní orientací určitého

krystalografického směru.

Válcovací textura vzniká při válcování plechů. Tato textura je definovaná přednostní orientací určitých krystalografických směrů a rovin.

Z hlediska praktického použití tvářených polovýrobní velký význam má žíhací textura, která vzniká jako důsledek tepelného ovlivnění deformační textury. Žíháním spojeným s rekrytalizací je možné dosáhnout z původní deformační krystalografické textury následovné uspořádání:

1. celkem náhodnou orientací zrn
2. jinou orientací, než byla původní deformační textura / žíhací textura /
3. orientací shodnou s původní deformační texturou, ale s vyšším stupněm uspořádání.

První případ nastává po menších stupních deformace za studena a hlavně při čistých kovech, druhý se vyskytuje u některých barevných kovů a částečně i u železa, třetí se vyskytuje hlavně u ocelových a hliníkových plechů válcovaných za studena. Na anizotropii plechů má tedy jeden z největších vlivů krystalografická a strukturní textura. Důkazem toho je, že už monokrystaly jsou anizotropní. Stupeň krystalografické anizotropie je daný souměrností uspořádání krystalů. Při výrazné souměrnosti uspořádání struktury krystalů anizotropie je malá a naopak. Když kovy krystalizují v hexagonální soustavě mají nízký stupeň souměrného uspořádání struktury, vyznačují se vysokým stupněm anizotropie. Kovy s kubickou krystalografickou mřížkou jsou typické velkou souměrností uspořádání struktury, proto i některé jejich vlastnosti jsou izotropní / tepelná roztažnost, tepelná a elektrická vodivost /. Kovy s kubickou mřížkou také ale vykazují anizotropii

některých vlastností / mechanické a magnetické vlastnosti, plastickou deformaci /.

Při polykrystalických kovech nebo slitinách pro náhodné uspořádání zrn se hovoří o kveziizotropii. Určitými technologickými procesy se však tato náhodnost uspořádání mění a polykrystalické látky projevují anizotropii / válcování, tažení /. Tím se totiž statisticky náhodné uspořádání krystalů mění, vznikají určité přednostní orientace krystalů. Toto přednostní uspořádání orientace krystalů se nazývá textura a odpovídá jim texturní anizotropie.

Nejvýraznější anizotropii projevují látky, při kterých se superponuje výrazná texturní a strukturní anizotropie.

3.2 Vliv krystalografické textury na r

Anizotropii mechanických vlastností hlubokotažných ocelových plechů, tedy i normálovou anizotropii, způsobují válcovací, resp. rekrytalizační textury.

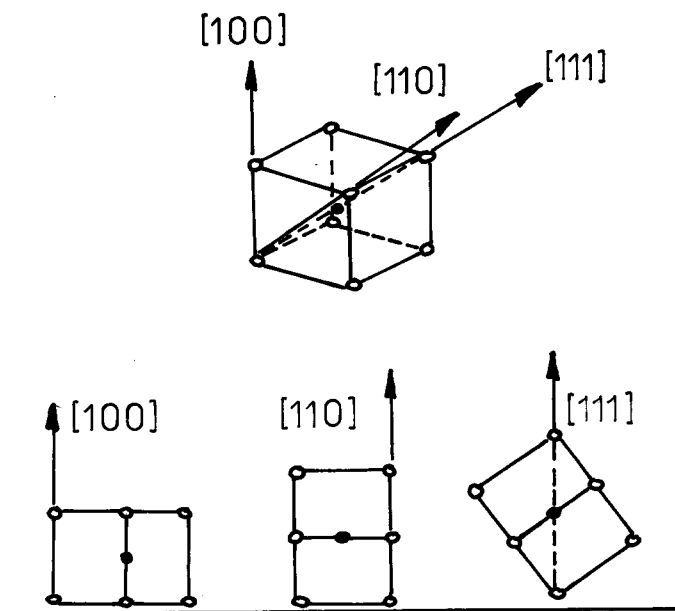
Z hlediska dosažení optimální hodnoty normálové anizotropie by bylo potřebné vyrábět plechy se speciální krystalografickou texturou, která by zaručovala vysoké hodnoty součinitelů normálové anizotropie r a vylučovala plošnou anizotropii, které důsledkem je vznik cípů při tažení. Tyto požadavky jsou však protichodné. I protě rozsáhlému výzkumu se doposud dostatečně nedořešila problematika podmínek vzniku optimální textury plechů s ohledem na optimální vhodnost na hluboké tažení.

Co je to vlastně krystalografická struktúra?

Je to přednostní uspořádání jednotlivých zrn z původního neuspořádaného stavu, a to buď válcováním, nebo žíháním. Proto se dělí na textury deformační a žíhací, které se od se-

be odlišují různou orientací zrn, a tím i vnějším účinkem.

Krystalografická textura silně působí na normálovou anizotropii nízkouhlíkových plechů, protože pevnost monokrystalu železa se mění s krystalografickým směrem. Struktúra feritického zrna s kubickou prostorově centrovanou mřížkou má největší pevnost ve směru tělesové úhlopříčky $[111]$, nižší pevnost ve směru plošné úhlopříčky $[110]$, a nejnižší pevnost ve směru hrany kostky $[100]$ /obr.2/.



Obr.č.2 Směrový průběh pevnosti v závislosti od krystalografického směru při kubické soustavě.

Proto nepřekvapuje, že cílem prací bylo najít souvislost mezi hodnotou součinitele r a krystalografickou texturou za studena válcovaných žíhaných ocelových plechů.

Vykonané analýzy závislosti mezi krystalografickou texturou a součinitelem r většinou vycházejí ze Schmidtova zákona

smykových napětí.

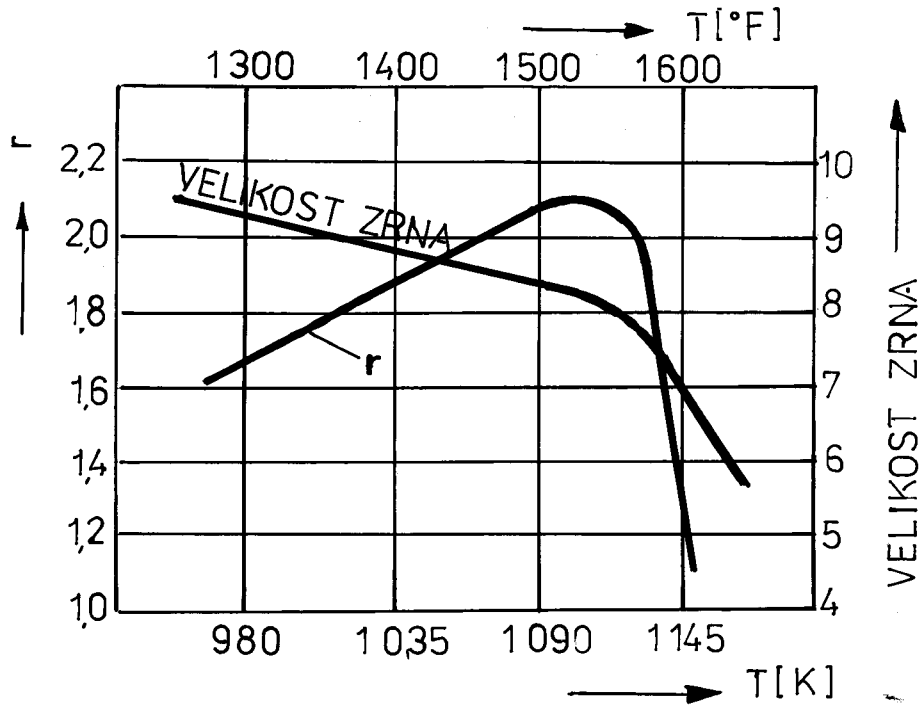
Cílem teoretických výzkumů na monokrystalech a plechů z rozličnými texturami, které se dosáhly použitím kovů s rozličnými krystalografickými soustavami, různými podmínkami válcování za studena a s různým tepelným zpracováním bylo určit také orientace, které dávají maximální hodnoty součinitelů normálové anizotropie a minimální plošnou anizotropii. Obě dvě hodnoty závisí na krystalografické textuře, která závisí na metalurgicko - výrobních činitelích.

3.3 Vliv výrobně - metalurgických činitelů na r

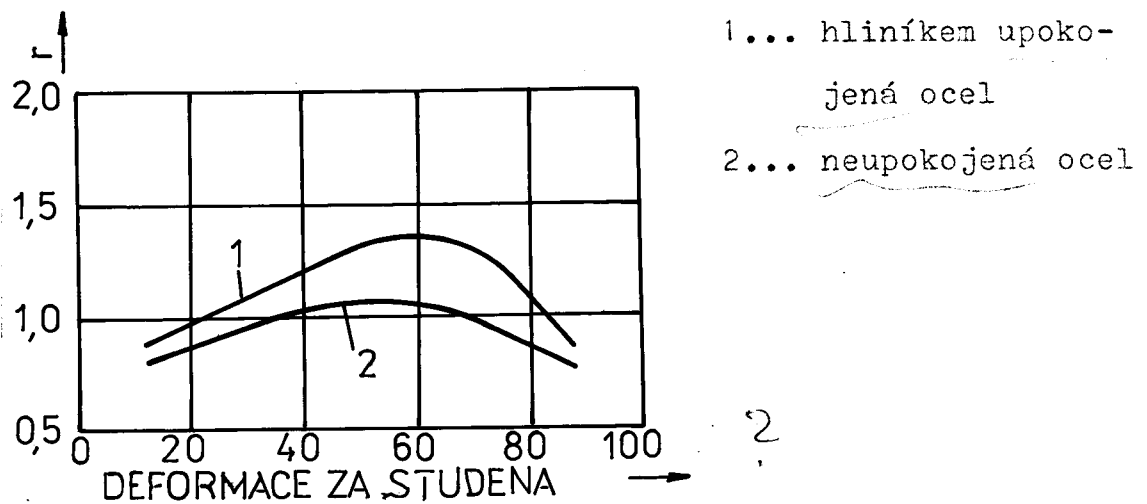
Zjistilo se, že veličina, která v rozhodující míře ovlivňuje normálovou anizotropii, je určitá deformační textura vytvořená daným výrobně - metalurgickým procesem.

Při nepravidelném rozdělení orientace zrn v struktúře bude se plech makroskopicky chovat izotropně. Jak však směry skluzu na základě výrazné textury jsou v určitých směrech vzhledem na sílu, resp. na vzniklé smykové napětí, nastane plastický tok v určitých směrech. Plech se tedy chová anizotropně.

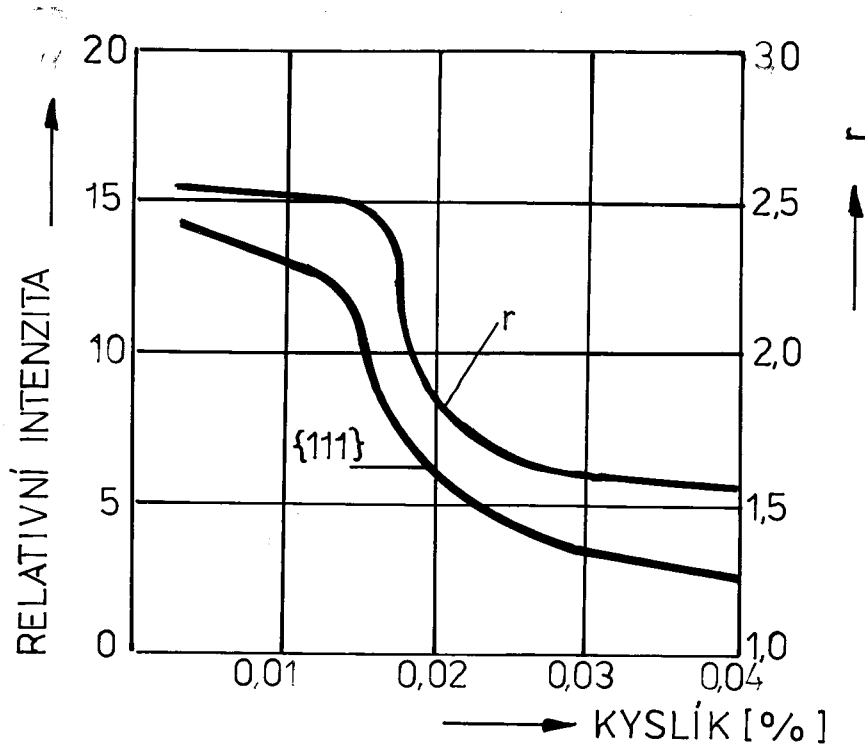
Z činitelů, které působí na hodnoty součinitelů normálové anizotropie, třeba především uvést: chemické složení, obsah a formu vyloučení nečistot, výskyt a rozdělení sekundárních fází, doválcovací teplotu, teplotu svinutí, celkový stupeň deformace při válcování za studena, rychlost ohřevu na žíhací teplotu, žíhací teplota.



Obr.č.3 Vliv teploty žíhání a velikosti zrna na průměrnou hodnotu součinitele normálové anizotropie hliníkem upokožené oceli.



Obr.č.4 Vliv stupně válcování za studena na hodnotu průměrného součinitele normálové anizotropie.

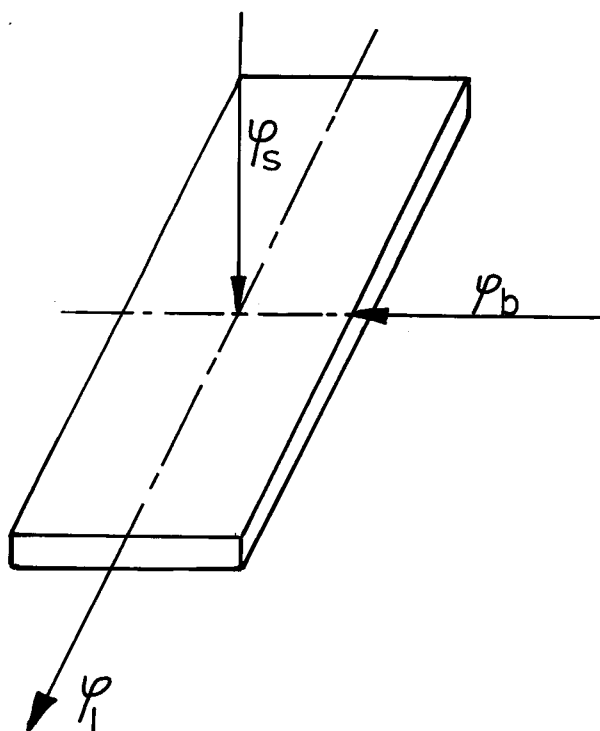


Obr.č.5 Vliv obsahu kyslíku na relativní intenzitu / 111 / textúry a průměrný součinitel normálové anizotropie.

3.4 Definice normálové anizotropie

Normálová anizotropie plechů vyjadřuje nerovnoměrnost mechanických vlastností zjištěných v rovině plechu vzhledem na mechanické vlastnosti ve směru kolmém na rovinu plechu / ve směru tloušťky /.

Normálová anizotropie se kvantitativně vyjadřuje bezrozměrným číslem, součinitelem normálové anizotropie, který je definovaný jako poměr skutečné deformace šířky a tloušťky zkušební vzorku.



Obr.č.6 Princip určování charakteristik normálové anizotropie plechu.

Matematicky je definován vztahem:

$$r = \frac{\varphi_b}{\varphi_s} \quad /1/$$

Platí

$$\varphi_b = \ln \frac{b_0}{b} \quad /2/$$

$$\varphi_s = \ln \frac{s_0}{s} \quad /3/$$

Kde r součinitel normálové anizotropie
 b_0 , s_0 ... výchozí šířka a tloušťka vzorku

b, s..... šířka a tloušťka vzorku po maximální rovnoměrné deformaci

$\varphi_b, \varphi_s \dots$ integrální deformace ve směru šířky a tloušťky vzorku.

Součinitel normálové anizotropie se zjišťuje při zkoušce jednoosým tahem. Maximální poměrná rovnoměrná deformace pro hlubokotažné ocelové plechy vyjádřená deformací ve směru délky vzorku je obvykle 20 %.

Průměrný součinitel normálové anizotropie r vyjadřuje průměrnou hodnotu součinitelů normálové anizotropie měřených v různých směrech vzhledem na směr válcování.

Měřením hodnot r v různých směrech vzhledem na směr válcování možno zjistit nejen normálovou, ale i plošnou anizotropii mechanických vlastností. Rozdíly v hodnotách r , zjištěných v rovnoběžném směru se směrem válcování a hodnotami v rozličných směrech, vyjadřuje stupeň plošné anizotropie r / v rovině plechu / a náchylnost na tvorbu cípů, charakteristických pro hluboké výtažky.

Když hodnoty součinitelů r v různých směrech na směr válcování jsou stejné, to ještě neznamena, že zkoušený plech je izotropní. Tento případ nastane jen tehdy, když $r = 1$. Kdyby však nastal např. případ $r_0 = r_{45} = r_{90} \geq 1$ / kde indexi 0, 45, 90 znamenají úhly ke směru válcování, při kterých se součinitelé r měřily /, plech by vykazoval normálovou anizotropii. V případě $r = 1$ se zkušební vzorek při prodlužování deformuje rovněž ve směru šířky a tloušťky.

Když $r > 1$ prodloužení vzniká nejvíce deformací tloušťky a naopak, když $r < 1$ prodloužení vzniká nejvíce deformací šířky.