

UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET

- DIPLOMSKI RAD -

**PRIMENA METODE LINIJA KLIZANJA NA
PROCES DUBOKOG IZVLAČENJA**

Mentor:
Dr. Bojan Rančić

Kandidat:
Vojislav Aleksić
Br.ind. 8314/95

Niš, Novembar 2007

SADRŽAJ

Oznake važnijih skraćenica i veličina	03
0. Uvod	04
0.1. Postavka problema	04
1. Teorijske osnove	06
1.1 Opšte napomene	06
1.2 Teorija linija klizanja	08
2. Opisivanje postupka dubokog izvlačenja	14
2.1 Proces dubokog izvlačenja	14
2.2 Određivanje priprema	15
2.2.1 Određivanje priprema za nepravilne delove	15
2.2.1.1 Određivanje priprema koje se zasniva na teoriji linija klizanja	17
2.3 Generisanje polja linija klizanja	18
2.3.1 Razmatranje modela i granični uslovi	18
2.3.2 Primarna i sekundarna polja linija klizanja	19
2.3.3. Tercijalna polja linija klizanja	20
2.3.4 Polja linija klizanja pri udubljenim uglovima	24
2.4. Proračun konture priprema	29
2.5. Analiza napona	29
2.6 Analiza kretanja	32
2.6.1 Brzine	32
2.6.2 Brzine deformacija i deformacije	32
2.7. Određivanje sile izvlačenja pomoću teorije linije klizanja	33
2.7.1. Naponi kod dubokog izvlačenja	33
2.7.2 Određivanje različitih (pojedinih) otpora	34
2.7..2.1. Otpor deformisanju σ_1	34
2.7.2.2. Gubici na trenje usled držača lima	36
2.7.2.3. Gubici na savijanje preko zaobljenja prstena za izvlačenje	36
2.7.2.4. Proračuni ukupne sile izvlačenja $F_{z \max}$	37
2.7.3 Diskusija rezultata	41
2.8. Određivanje odnosa izvlačenja	42
2.8.1. Određivanje odnosa izvlačenja za komplikovanje delove	47
2.8.1.1 Određivanje odnosa izvlačenja prema metodi linija klizanja i proveru do sada uobičajenih metoda	47
2.8.1.1.1. Određivanje odnosa izvlačenja	47
2.8.1.2. Ocenjivanje metoda	54
2.9. Zaključak	54
3.0. Literatura	55
4.0. Biografija	

0. Uvod

Duboko izvlačenje je proces obrade metala koji u serijskoj proizvodnji delova, u odnosu na ostale tehnološke postupke zauzima vidno mesto. Cilj ovog načina prerade je da se iz ravne ploče sa posebnim alatom izrade posude raznih oblika poprečnog preseka. Specifičnost samog procesa omogućava da se sa najmanjim brojem radnih operacija i uz minimalni otpadak dobiju izvučeni elementi u konačnom obliku, tako da se mogu neposredno upotrebiti ili ugraditi u odgovarajući sklop. Razrada posebnih metoda dubokog izvlačenja je išla uporedo sa razvojem industrije vozila kao i avionske industrije. Međutim, i u proizvodnji ostalih artikala nailazi se na veoma širok i raznolik asortiman dijelova koji se rade tehnologijom dubokog izvlačenja. Ovdje se pominju samo neki proizvodi, kao što su: delovi karoserija motornih vozila (blatobrani, krovovi, vrata, rezervoari, farovi, razni pokrivni elementi itd.), razni artikli životnog standarda (delovi za hladnjake, šporete, grejače, posude, razna metalna ambalaža i sl), delovi za radio i televizijsku industriju i niz ostalih. S obzirom da se dubokim izvlačenjem u hladnom stanju poboljšavaju mehaničke osobine materijala, danas se ovom tehnologijom proizvode i najodgovorniji elementi aviona i raketa.

Tehnologijom dubokog izvlačenja obrađuju se materijali debljine od 0,02 do 50 mm, sa dimenzijama od nekoliko desetinki milimetara pa do nekoliko metara, i sa težinama koje variraju od grama do tone.

Mašine za duboko izvlačenje su krivajne i hidraulične prese. Zavisno do vrste i oblika komada koji se izvlači upotrebljavaju se krivajne (ekscentar i koljenaste) prese prostog, dvostrukog ili trostrukog dejstva.

Početni oblik materijala za preradu je ravna ploča. Oblik ove razvijene ploče može biti: krug, kvadrat, pravougaonik, elipsa, ili ma kakva zatvorena konturna kriva, koja zavisi od oblika izvučenog komada.

Prema tome, pod dubokim izvlačenjem se podrazujeva proces prerade kod kojega se iz ravne ploče dobijaju posude oblika sa zatvorenim dnom. Duboko izvlačenje komada se može izvoditi na dva načina i to kao:

1. Duboko izvlačenje bez promene debljine materijala
2. Duboko izvlačenje sa tanjivanjem zida, odnosno sa redukcijom debljine materijala.

0.1. Postavka problema

Oblik priprema pravilnih delova može se sračunati. U najjednostavnijem slučaju kružnog čančeta priprema ima kružni oglik. Radijus ovog kruga određuje se izjednačavanjem površina priprema i čančeta (videti poglavlje 2.2).

Za sve rotaciono-simetrične pravougaone delove postoji čitav niz konvencionalnih, manuelnih postupaka, kojima se određuju oblici priprema, koji se dobro podudaraju sa praktičnim podacima. U literaturi postoji postupak za određivanje priprema pravougaonih oblika po AWF preporukama. Ovaj postupak se sastoji u razlaganju pravougaonog šupljeg dela na elemente iste površine.

Pri svim ovim postupcima važi pretpostavka, da se pri deformisanju u toku dubokog izvlačenja ne menja debljina lima, na osnovu čega smeju da se izjednače spoljašnje površine priprema i dela.

Postupak za određivanje priprema pomoću metode linija klizanje, nasuprot prethodnim, može se principijelno primeniti za određivanje priprema izabranog, nepravilnog dela. Pri ovom postupku se polazeći od unutrašnje konture gotovog dela konstruiše moguće polje linija klizanja. Onda se, u zavisnosti od željene visine dela, određuje jedna tačka oblika priprema, koja se nalazi nasuprot kružnog odsečka na unutrašnjoj konturi i to na konvencionalan način, kao kod nekog pravilnog dela. Zatim se, počevši od ove tačke, povlači linija koja seče linije klizanja pod uglom 45° , čime se dobija spoljašnja kontura priprema.

Pritom, kao i kod predhodno naznačenih postupaka, sa povećanjem kompleksnosti geometrije tela dolazi do velikog povećanja utroška vremena za ručno crtanje i računanje, kao i do smanjenja tačnosti određenih vrednosti.

Teorija dubokog izvlačenja delova komplikovanog oblika, tj. delova koji nisu rotacioni, je veoma malo izučena oblast obrade materijala deformisanjem. Zbog ovoga je izrada ovakvih delova povezana sa stalnim tehnološkim poteškoćama. Cilj ovog rada je produbljivanje postupka za odrađivanje konture priprema pomoću metode linija klizanja, kao i omogućavanje dobijanja teorijski zasnovanih izraza za određivanje raspodele napona i maksimalne sile izvlačenja.

Nasuprot deformisanju rotaciono simetričnih delova, kod dubokog izvlačenja delova komplikovanog oblika naponi nisu ravnomerno raspoređeni po zoni deformisanja. Tako, na primer, kod pravougaonih delova postoje oblasti u kojima se lim samo savija, dok je oblast uglova opterećena kombinovanim naponom istezanje-pritisak.

Sile koje nastaju pri dubokom izvlačenju mogu se odrediti na dva različita načina:

- a) praktičarski, pomoću približnih jednačina, koje se zasnivaju na empirijskim srednjim vrednostima specifičnog deformacionog otpora.
Ovi postupci se prema svojim autorima nazivaju postupak po:
Romanowskom; Hilbert-u; Ochler/Kaiser-u; Siebel-u; Jahnke-u; Pankinu.
- b) teoretski, prema postavkama teorije plastičnosti, pri čemu se uzimaju u obzir stvarno nastali naponi u svakom trenutku dubokog izvlačenja. Za teorijsko opisivanje procesa dubokog izvlačenja poznati su sledeći postupci:
 - metoda konačnih elemenata,
 - postupak prema elementarnoj teoriji plastičnosti,
 - postupak prema teoriji linija klizanja.

Pri testiranju različitih postupaka proračuna za silu izvlačenja pokazalo se, da u literaturi navedene metode daju dobre rezultate za rotaciono simetrične delove, dok se pri određivanju sila izvlačenja za nepravilne delove dobijaju nezadovoljavajući rezultati. Neupotrebljivi rezultati se dobijaju primenom empirijskih postupaka.

Primena teorije linija klizanja za probleme dubokog izvlačenja počela je već pri određivanju oblika priprema, da bi se kasnije dobile i vrednosti potrebne za proračun sile, koje pokazuju dobru podudarnost sa izmerenim vrednostima.

Za proširenje saznanja o postupku za određivanje konture priprema za rotaciono nesimetrične delove pomoću metode linija klizanja, koji je razvijen na institutu za obradu deformisanjem Univerziteta u Stuttgart-u, u ovom radu treba da se odrede i granični odnosi izvlačenja.

Za ovo je potrebno da se, na osnovu postojeće literature, obuhvate dosadašnje metode za određivanje odnosa izvlačenja. Za određivanje odnosa izvlačenja poznati su sledeći uobičajeni (konvencionalni) postupci:

- metoda proračuna po Romanowskom
- metoda proračuna po Hilbert-u
- metoda proračuna po Panknin-Dutschke-u

Ovde treba još naglasiti, da primena odnosa izvlačenja kao granice postupka ima jednu odlučujuću prednost u odnosu na analizu deformacija. Dok se kod analize deformacija mora da radi na već deformisanom (izvučenom) delu, dakle, kada je alat već izrađen, dotle je moguće da se granični odnos izvlačenja odredi teorijski i da se zatim primeni za konstrukciju i izradu i alata i dela.

Analiza deformacija, na kraju krajeva, pruža mogućnost optimizacije postupka

2.9. Zaključak

Ovaj rad se bavi korišćenjem teorije linije klizanja za praktično obuhvatanje komplikovanih delova (za praktičnu primenu na delovima komplikovanog oblika). Kao polazna tačka, konstruišu se mreže linija klizanja, pomoću kojih se može konstruisati oblik priprema za proizvoljno komplikovani deo. Kod priprema, do kojih dovodi teorija linija klizanja, na osnovu upoređivanja površina onih oblasti priprema, koje prelaze u odgovarajuće oblasti omotača, utvrđena je dobra podudarnost površina, tako da se može reći, da se pomoću metode linija klizanja dobija oblik priprema, koji je veoma blizak optimalnom pripremu, odnosno, da se pri njegovoj izradi javlja najmanji utrošak materijala.

Pri ispitivanju (proveravanju) različitih postupaka za proračun sile izvlačenja, pokazalo se da metode, koje su date u literaturi, daju dobre rezultate samo za rotaciono-simetrične delove, dok pri određivanju sila izvlačenja za nepravilne delove daju samo nepouzdate rezultate. Ovo se posebno odnosi na empirijske postupke, koji ne daju upotrebljive rezultate.

Primenom teorija linija klizanja na problem dubokog izvlačenja već pri određivanju oblika priprema nađen je put, kojim se dobijaju vrednosti i za proračun sile, koje sa dobrom tačnošću ponavljaju tok (raspodelu) izmerenih vrednosti. Maksimalna sila izvlačenja sračunata je za različite nepravilne delove, kao što su: trougao, četvorougao, šestougao, elipsa, ali i za kružno-cilindrično čanče, da bi se stvorilo upoređenje sa postupkom proračuna po Siebel-u. Vrednosti maksimalne sile sračunate su za različite dubine izvlačenja delova

Na ovoj osnovi je sada bilo moguće postaviti uslove da se linije klizanja primene i za određivanje drugih, za duboko izvlačenje, važnih veličina. Između ostalog ovo se odnosi na odnos izvlačenja, koji kod dubokog izvlačenja sa $\beta_{\max}$ određuje granicu postupka.

Tako su prema ovoj metodi proračuna za delove, koji se dobijaju dubokim izvlačenjem, određeni odnosi izvlačenja za različite oblike dna.

Da bi se rezultati ovih proračuna mogli da analiziraju, urađeni su i proračuni prema do sada uobičajenim postupcima po Hilbertu, Romanowskom i Panknin-Dutschke-u, pa je izvršeno upoređivanje dobijenih odnosa izvlačenja specijalnog dela.

Upoređivanjem različitih metoda dobijeno je da odnos izvlačenja β zavisi od radijusa zaobljenja u uglu i od visine dela, pri čemu postoji izuzetak. Naime, metoda po Panknin-Dutschke-u uzima da je radijus zaobljenja u uglu samo sasvim mali, pa da praktično nema uticaja na odnos izvlačenja, dok Hilbert, Romanowski i metoda linije klizanja pokazuju jasnu zavisnost od r_i . Ovo je najočiglednija razlika koja se dobija upoređivanjem ovih metoda.

Umesto da su vrednosti odnosa izvlačenja, kao funkcija radijusa u uglu i visine dela, slične, dolazi do znatnih razlika od metode do metode, što nas vraća na različite načine uzimanja u obzir visine dela i radijusa zaobljenja u uglu u proračunskim formulama. O stvarnoj vrednosti odnosa izvlačenja tj. granice postupka $\beta_{\max}$ mogu se doneti zaključci tek na osnovu eksperimentalnih istraživanja, da bi se tek onda dali konačni, jasni iskazi o tačnosti rezultata proračuna.

Na kraju se može reći, da je jedina metoda za proračun graničnog odnosa izvlačenja kod delova komplikovanog oblika, metoda zasnovana na polju linija klizanja.

LITERATURA

- [1] V. Hasek, Möglichkeit zur Steuerung des Stoffflusses beim Ziehen großer unregelmäßigen Blechteile, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1980.
- [2] H. Glöckl, Rechnerunterstützte Optimierung des Tiefziehens unregelmäßiger Blechteile, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, Tokyo, 1983.
- [3] V. Hasek, Bestimmung des Zieheverhältnisses beim Ziehen von Blechteilen mit komplizierten Formen - Teil I, Blech Rohre Profile 33, 1986., (57.÷61. str.).
- [4] V. Hasek, Bestimmung des Zieheverhältnisses beim Ziehen von Blechteilen mit komplizierten Formen - Teil II, Blech Rohre Profile 33, 1986., (156.÷157. str.).
- [5] V. Hasek, Bestimmung der Kräfte beim Ziehen von Blechteilen mit komplizierten Formen durch Gleitlinienmethode – Teil I, Blech Rohre Profile 33, 1986., (190.÷192. str.).
- [6] V. Hasek, Bestimmung der Kräfte beim Ziehen von Blechteilen mit komplizierten Formen durch Gleitlinienmethode – Teil II, Blech Rohre Profile 33, 1986., (243.÷245. str.).