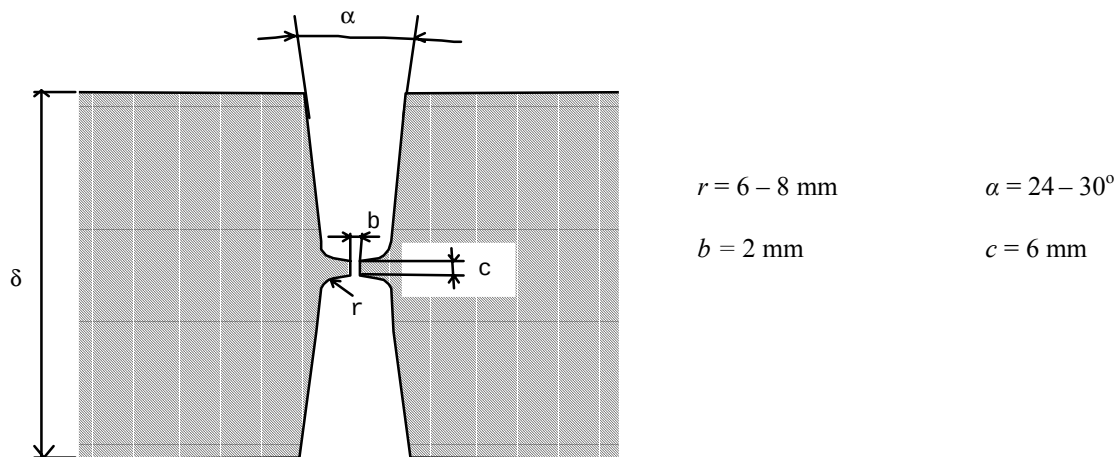


2.3 ANALIZA TOLERANCIJA ŽLIJEBA ZA ZAVARIVANJE

Osim oblika žlijeba i tolerancije žlijeba imaju utjecaj na količinu dodatnog materijala, a time i na troškove zavarivanja.

Slijedeći primjeri pokazuju kako različiti izbori tolerancija utječu na količinu dodatnog materijala. Kao prvi primjer izabran je dvostruki "U" žlijeb prikazan na slici 2.17.



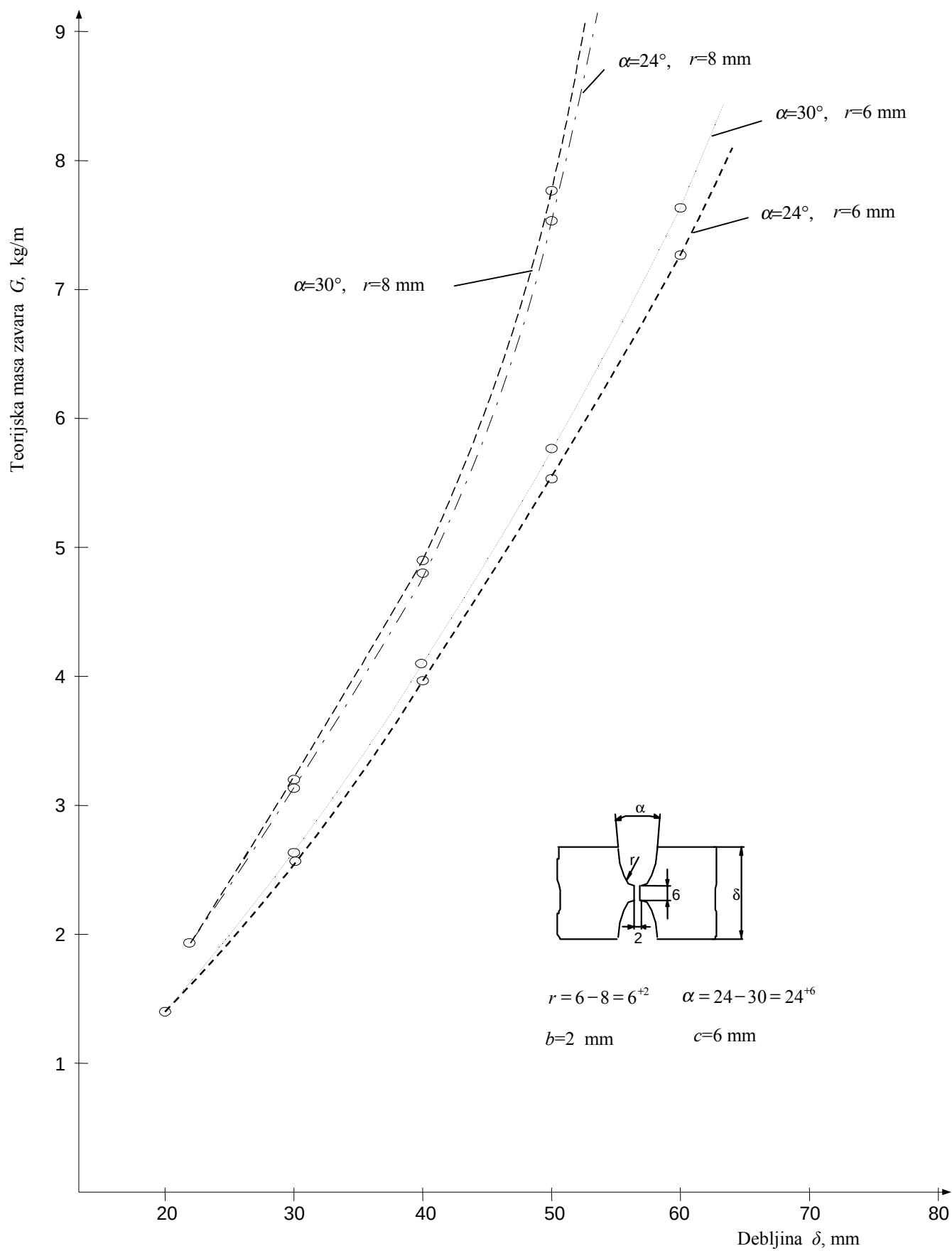
Slika 2.17 Dvostruki "U" žlijeb s izmjerama

Kote b i c imaju konstantne vrijednosti, dok se kote r i α mijenjaju uz različite debljine limova. Polumjer zaobljenja r je u granicama od 6 do 8 mm, a kut otvora žlijeba α se kreće u granicama od 24° do 30° . Promatra se debljina lima δ od 20 do 60 mm. Kako bi promjena mase dodatnog materijala bila što uočljivija, uspoređuju se vrijednosti mase za gornju i donju vrijednost toleriranih veličina r i α . Izračunate vrijednosti su prikazane tablično u tablici 2.1 i u dijagramu na slici 2.18.

Tablica 2.1 Teorijska masa dodatnog materijala G , kg/m

	VRIJEDNOST TOLERIRANIH VELIČINA			
Debljina, δ mm	$r=6$ mm; $\alpha=24^\circ$	$r=6$ mm; $\alpha=30^\circ$	$r=8$ mm; $\alpha=24^\circ$	$r=8$ mm; $\alpha=30^\circ$
20	1,39	1,39	1,92*	1,92*
30	2,61	2,64	3,11	3,12
40	3,99	4,10	4,73	4,81
50	5,54	5,76	6,53	6,70
60	7,26	7,64	8,50	8,81

* - izračunate vrijednosti za $\delta = 22$ mm



Slika 2.18 Promjena teorijske mase dodatnog materijala zbog utjecaja tolerancija

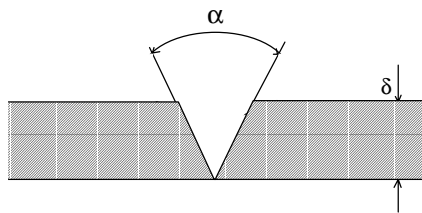
Na dijagramu je vidljivo kako minimalne vrijednosti tolerancija daju najmanju vrijednost mase dodatnog materijala. U ovom slučaju to su vrijednosti $r=6$ mm i $\alpha=24^\circ$ za sve vrijednosti debljina lima.

Ako se za debljinu lima od 60 mm uvrste minimalne vrijednosti tolerancija, prema izrazu (2.25) izračunava se površina zavora i pomnoži sa gustoćom dodatnog materijala ($\rho=7850$ kg/m³) te tako dobivena masa depozita iznosi $G_{\min}=7,26$ kg depozita/m. Uvrštavanjem maksimalnih vrijednosti tolerancija prema istom postupku dobije se masa depozita $G_{\max}=8,81$ kg depozita/m. Stavljanjem izračunatih vrijednosti u međusobni omjer, dobiva se povećanje mase depozita od 21 % ako je žlijeb izrađen s maksimalnim umjesto s minimalnim dimenzijama.

$$\frac{G_{\max}}{G_{\min}} = \frac{8,81}{7,26} = 1,21$$

Zbog toga je pri izradi žlijeba, sa već unaprijed zadanim tolerancijama, potrebno težiti minimalnim vrijednostima tolerancija zbog što manje potrošnje dodatnog materijala.

Slijedeći primjer je zavarivanje u sučeonom "V" žlijebu. Debljina lima δ je 15 mm, a kut otvora žlijeba α je u granicama od 57° do 63° . U korijenu žlijeba nema zazora, budući da se korijen žlijebi i naknadno zavaruje. Izgled žlijeba je prikazan na slici 2.19.



Slika 2.19 Priprema "V" žlijeba za zavarivanje sa žlijebljenjem korijena

Površina zavora se izračunava prema izrazu (2.19). Na izračunatu vrijednost dodaje se površina žlijebljenja korijena zavora $F_k=17$ mm². Kada se uvrste odgovarajući podaci za minimalnu i maksimalnu vrijednost kuta otvora žlijeba za debljinu lima od 15 mm i pomnože sa gustoćom dodatnog materijala ($\rho=7850$ kg/m³), dobiju se slijedeći podaci:

- minimalna vrijednost mase zavora $G_{\min}=1,09$ kg depozita/m (za $\alpha=57^\circ$)
- maksimalna vrijednost mase zavora $G_{\max}=1,22$ kg depozita/m (za $\alpha=63^\circ$)

Ako se izračunate vrijednosti stave u međusobni omjer dobije se povećanje mase depozita od 12 %, ako je otvor žlijeba $\alpha=63^\circ$ umjesto $\alpha=57^\circ$.

$$\frac{G_{\max}}{G_{\min}} = \frac{1,22}{1,09} = 1,12$$

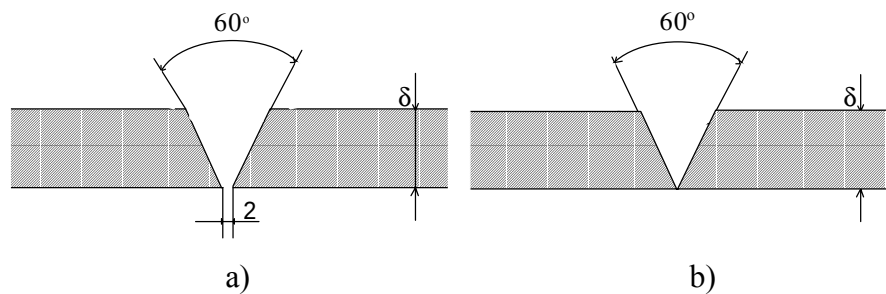
Kao i prethodni primjer i ovaj pokazuje važnost pravilnog izbora tolerancija kao i potrebu postizanja minimalnih vrijednosti već zadanih tolerancija.

2.3.1 Utjecaj zazor

Zbog ostvarivanja boljeg provarivanja korijena zavora, ostavlja se zazor između dijelova koji se trebaju zavarivati. Koliko će zazor biti velik prvenstveno ovisi o obliku žlijeba zavora, ali i o postupku zavarivanja.

Ako se nakon zavarivanja koristi žlijebljenje korijena zavora onda nema potrebe za izvođenjem zazor zbog toga što se cijeli zazor, bez obzira da li je provaren ili ne, uklanja pri žlijebljenju.

Kao primjer promatran je "V" žlijeb (slika 2.20) koji se ne žlijebi, a radi bolje kvalitete spoja i sigurnijeg provarivanja ostavljen je zazor između dijelova koji se trebaju zavarivati. Ovako izveden žlijeb se uspoređuje sa žlijebom istih dimenzija ali bez zazor, radi uvida u porast količine dodatnog materijala uzrokovanog zazorom.



Slika 2.20 "V" žlijeb: a) sa zazorom, b) bez zazor

Usporedba se obavlja za tri različite debljine zavora δ i to za debljinu od 10, 20 i 30 mm.

$\delta=10$ mm

Prema izrazu (2.19) površine žljebova su:

$$F_a = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 10^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 2 \cdot 10 = 77,74 \text{ mm}^2$$

$$F_b = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 10^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 0 \cdot 10 = 57,74 \text{ mm}^2$$

Omjer izračunatih površina je:

$$\frac{F_a}{F_b} = \frac{77,74}{57,74} = 1,35$$

Za debljinu zavora od 10 mm troškovi dodatnog materijala kod zavora sa zazorom su za 35 % veći od troškova zavora bez zazor.

$\delta=20$ mm

Površine žljebova:

$$F_a = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 20^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 2 \cdot 20 = 271 \text{ mm}^2$$

$$F_b = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 20^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 0 \cdot 20 = 231 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_a}{F_b} = \frac{271}{231} = 1,17$$

Za debljinu lima od 20 mm porast dodatnog materijala zbog zazora je 17 %.

 $\delta=30$ mm

Površine žljebova za debljinu lima od 30 mm su:

$$F_a = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 30^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 2 \cdot 30 = 580 \text{ mm}^2$$

$$F_b = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 30^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 0 \cdot 30 = 520 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_a}{F_b} = \frac{580}{520} = 1,12$$

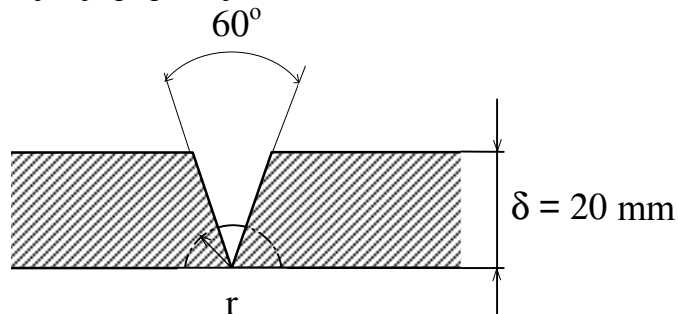
U ovom slučaju zbog zazora će se utrošiti 12 % više dodatnog materijala.

Na osnovu ovih usporedbi vidljivo je kako zazor uzrokuje porast potrošnje dodatnog materijala, a time i povećanje troškova zavarivanja. Taj porast je izraženiji kod manjih debljina zavora, a što su zavari većih debljina porast je manje izražen.

2.3.2 Utjecaj prekomjernog žlijebljenja

Operacija žlijebljenja se izvodi kako bi se uklonile greške u zavaru nastale neprovarenim korijenom žlijeba.

Slijedeći primjer pokazuje kako promjena polumjera zaobljenja pri žlijebljenju utječe na povećanje mase depozita. Žlijeb je pripremljen kao na slici 2.21.



Slika 2.21 "V" žlijeb uz operaciju žlijebljenja

Ako se vrijednost polumjera r mijenja od 4 do 10 mm površina zavara je:

-za $r=4$ mm, prema izrazu (2.19):

$$F = \delta^2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + b \cdot \delta = 20^2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + 0 \cdot 20 = 231 \text{ mm}^2$$

Izračunatoj površini treba dodati površinu žlijebljenja F_k :

$$F_k = \frac{r^2 \cdot \pi}{2} = \frac{4^2 \cdot \pi}{2} = 25 \text{ mm}^2$$

$$F_1 = F + F_k = 231 + 25 = 256 \text{ mm}^2$$

-za $r=6$ mm

$$F_k = \frac{r^2 \cdot \pi}{2} = \frac{6^2 \cdot \pi}{2} = 57 \text{ mm}^2$$

$$F_2 = F + F_k = 231 + 57 = 288 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{288}{256} = 1,12$$

Povećavajući vrijednost polumjera r za 2 mm površina zavara, a time i masa dodatnog materijala je porasla za 12 %.

-za $r=8$ mm

$$F_k = \frac{r^2 \cdot \pi}{2} = \frac{8^2 \cdot \pi}{2} = 101 \text{ mm}^2$$

$$F_3 = F + F_k = 231 + 101 = 332 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_3}{F_1} = \frac{332}{256} = 1,3$$

Površina zavara uz $r=8$ mm uzrokuje 30 % veću masu depozita u odnosu na površinu zavara uz $r=4$ mm.

-za $r=10$ mm

$$F_k = \frac{r^2 \cdot \pi}{2} = \frac{10^2 \cdot \pi}{2} = 157 \text{ mm}^2$$

$$F_4 = F + F_k = 231 + 157 = 388 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_4}{F_1} = \frac{388}{256} = 1,52$$

Količina dodatnog materijala, a time i troškovi zavarivanja, uz $r=10$ mm je za 52 % veća od količine dodatnog materijala uz $r=4$ mm. Pri manjim debljinama lima ovaj porast je još izraženiji, dok kod veoma debelih limova porast mase depozita nije toliko izražen.

