

*Punim Mikroteze*



*Tema:*    **FORMIMI SUPERPLASTIK**

*Punoi:*  
*Inxh. i dipl. Ferit Idrizi*

*Udhëheqësi:*  
*Prof.Dr. Gëzim Demiraj*

*Pasqyra e lëndës*

## PARATHËNIE

## HYRJE:

**1. Qëllimi i lëndës**

- 1.1 Historiku i Superplasticitetit
- 1.2 Interesi industrial
- 1.3 Karakteri i përgjithshëm

## MATERIALET NË KUSHTE TRADICIONALE

**2. Disa të dhëna të rëndësishme nga sjellja e materialeve tradicionale gjatë deformimit plastik**

- 2.1 Rezistenca specifike e deformimit në funksion të temperaturës, shpejtësisë dhe shkallës së deformacionit të materialeve të konvencionale
- 2.2 Përdorimi i deformimit gjatë rritjes së temperaturave dhe shpejtësisë së deformimit

**3. Shfrytëzimi i fazës së rikristalizimit për imtësimin e strukturës të nevojshme për superplasticitet**

## SUPERPLASTICITETI

**4. Superplasticiteti. Aspekte fundamentale**

- 4.1. Struktura e materialeve superplastike
- 4.2. Mekanizmat e deformimit
- 4.3. Përcaktimi i koeficientit  $m$
- 4.4. Stabiliteti plastik
- 4.5. Evolucionet e strukturës
- 4.6. Lidhjet superplastike

**5. Formimi i materialeve superplastike**

- 5.1 Kushtet dhe interesi i superplasticitetit
  - 5.1.1 Kushtet (limitet)
  - 5.1.2 Interesi
- 5.2 Materialet superplastike dhe përgatitja e tyre
  - 5.2.1 Materialet superplastike
  - 5.2.2 Përgatitja e materialeve për superplasticitet
- 5.3 Lidhjet industriale me sjellje superplastike
  - 5.3.1 Lidhjet e Titanit
  - 5.3.2 Lidhjet e aluminit
  - 5.3.3 Superaliazhet
  - 5.3.4 Çeliqet
  - 5.3.5 Lidhjet tjera

**6. Procedurat e formimit superplastik**

6.1 Termoformimi superplastik

6.2 Vetitë superplastike pas formimit superplastik

**7. Rentabiliteti i formimit superplastik****8. Superplasticiteti i përkohshëm te lidhjet konvencionale****9. Analizë e Raportit: Madhësi e kolkrrizave, shpejtësi e deformimit dhe temperaturë, te lidhjet e aluminit**

9.1 Si të arrihen shpejtësi të larta deformimi?

9.1.1 Mekanizmat e deformimit

9.1.2 Aplikimet industriale

9.2 Shembull aplikimi: ALNOV-i

**10 Konkludimi****LITERATURA**

*Disa karakteristikat e formimit superplastik janë:*

- *Produkti i fituar është njëpjesësh duke i ikur numrit të madh të pjesëve që duhet të montohen. Kjo e redukton edhe peshën e detalit por edhe koston*
- *Meqenëse formimi kërkon vetëm një stampë-matricë femër, kemi reduktim të koston për shkak të punimit të matricës.*
- *Aftësitë të larta të formimit e rrisin edhe mundësinë për dizajn më të mirë.*
- *Për shkak të temperaturave të larta, arrihet një formë e mirë antingrurjes!!!*
- *Arrihet kopjim i mirë i sipërfaqes së matricës në detal.*
- *Eliminohen defektet sipërfaqësore dhe ato në rimbullakime (rakordime) të teheve që janë problem i formimit në të ftohtë.*
- *Punimi superplastik më kohë të madhe prandaj përdoret jo për prodhime të sasisë por për prodhime të cilësisë 50-10000.*
- *Problemet e kavitetit janë prezente për shkak të punimit me fyerje.*

## HYRJE

### 1. Oëllimi i lëndës

*Formimi superplastik me karakteristikat e përmendura më lartë, gjithnjë e më tepër po zgjon interesin e industrisë së sotme. Ajo në të njëjtën kohë rrit edhe kërkesat për të gjetur forma dhe modifikime të reja që do të ishin në funksion të formimit superplastik në kuptimin e procedurave të formimit, kushteve të formimit apo përgatitjen e materialeve. Prandaj, një studim më i thelluar i të arritave të këtyre drejtimeve dhe tendenca për të vendosur një raport krahasues në mes të parametrave që ndikojnë dhe përmirësojnë një sjellje superplastike, duke u mbështetur në rezultatet e deritanishme, mendoj se do të jetë një kontribut plotësues në këtë fushë.*

Analiza krahasuese e koston së punimit në mes të punimeve konvencionale dhe atyre me superplasticitet, jep një fitim prej 10 deri 50 % gjatë përpunimit (formimit) me superplasticitet, bashkë me një reduktim spektakular të koston së operacioneve të montimit. Industria aeronautike ka arritur aktualisht që të zhvillojë një seri të tërë të pjesëve të cilët prezantojnë një reduktim të masës mesatarisht rreth 30% si dhe reduktim të koston për 30%. Ky fitim i potencuar në këtë studim si dhe analiza të ngjajshme, kanë ndikuar që të zhvillohen konstrukcionet aeronautike dhe e ka ndikuar poashtu në zgjedhjen e materialeve në këtë fushë. Kështu, lidhjet e titanit, përkundër koston së lartë të materialit fillestar (lëndës së parë), janë bërë konkurent i rëndësishëm në raport me lidhjet e aluminit, në sajë të teknikave të SPF / DB, edhe në sektorin ushtarak edhe në atë civil. Poashtu edhe në sajë të rezistencës

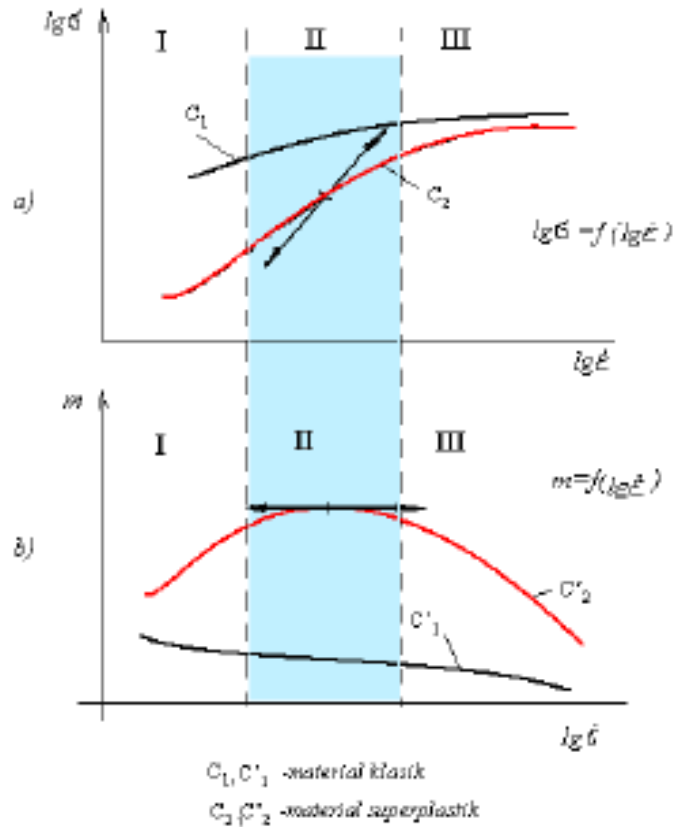


Fig. 1.7 Krahasimi i sjelljeve plastike dhe superplastike

Kjo kurbë me formë sigmoidale mund të ndahet në tre zona: zona III, e karakterizuar nga një vlerë e vogël e koeficientit e afërt me 0.2, korrespondon me sjelljen e zakonshme të një materiali të deformuar në temperaturë të lartë. Zona II është zona superplastike,  $m$  merr vlerat më të larta të përfshira ndërmjet 0.3 dhe 1 (fig. 1.7-b). Tensionet janë më të vogla se ato që do të merrim duke ekstrapoluar kurbën karakteristike të zonës III. Në zonën I,  $m$  merr sërish vlera më të vogla përgjithësisht të afërta me 0.2. Për një madhësi më të vogël të kokrrizave, zona superplastike çvendoset drejt shpejtësive të deformimit  $\dot{\epsilon}$  më të mëdha, në shkueshmëri me një ekuacion sjelljeje të tipit:

$$\frac{k}{S} = mk - \operatorname{tg}(180 - \alpha) = -\operatorname{tg} \alpha = -\frac{dk}{dT}$$

Pra:  $mk = -\frac{dk}{dT}$

$$\begin{aligned} \frac{dk}{k} &= -m dT / \int \\ \int \frac{dk}{k} &= -\int m dT + c \\ \ln k &= -mT + c \end{aligned}$$

për  $c = \ln a$

$$k = ae^{-mT}$$

dhe konstanta  $a$  nga kushti për  $T=T_0$  dhe  $k=k_0$   $a = k_0 e^{mT_0}$

$$k = k_0 e^{m(T_0 - T)}$$

ku  $k$ ,  $k_0$ -rezistencat specifike gjatë temperaturave absolute  $T$  dhe  $T_0$  ku  $T_0 > T$ ;

$m$  - koeficient.

Në temperatura të pandryshuara jepet edhe raporti i  $k = f(\dot{\epsilon})$

$$k = k_0 \left( \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_0} \right)^n$$

$k$ ,  $k_0$  (ose  $Rd$ ) - rezistencat specifike të deformimit gjatë shpejtësive të deformimit  $\dot{\epsilon}$  dhe  $\dot{\epsilon}_0$  ( $\dot{\epsilon} > \dot{\epsilon}_0$ );  $n$  - koeficient.

Nga dy formulat e fundit jepet ndikimi temperature - shpejtësi deformimi në intervalet e temperaturave të rikristalizimit të plotë  $T \geq 0.6T_s$ , ku zakonisht bëhet përpumimi në të nxehtë të metaleve.

$$k = k_n C_T C_{\dot{\epsilon}} C_{\epsilon}$$

$C_T = e^{m(T_0 - T)}$  - koeficient i temperaturës  $T_0 = T_s$  - temperatura e shkrirjes;  $m$  - koeficient

$C_{\dot{\epsilon}} = \dot{\epsilon}^n$  - koeficient i shpejtësisë;  $n$  - koeficient

#### 4.4. Stabiliteti plastik

Konsideratat që përmendëm më lartë, lejojnë pra të dallohen dy kategori të koeficientëve  $m$  të ndjeshmërisë të shpejtësisë së deformimit: ato që janë përfunduar duke marrë parasysh evolucionet e strukturës të materialit dhe ato që janë ndihnuar prej këtyre evolucioneve. Njohja e kategorisë së parë është e nevojshme për të studiuar mekanizmat e deformimit dhe për të ndërtuar modelet që marrin parasysh karakteristikat e sjelljes superplastike. Kategoria e dytë lejon t'i jepet një përgjigje direkte problemit të stabilitetit plastik. Konsiderojmë në fakt një kampion me gjatësi pumese  $L$  dhe seksion të çastit  $S$ , të deformuar në tërheqje me shpejtësi të imponuar të deformimit

$$\dot{\epsilon} = \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} = - \frac{dS}{Sdt} \quad (2)$$

duke pruar konstantshmërinë (konservimin) e vëllimit të kampionit, pra  $L \cdot S = const.$

Sipas ekuacionit të sjelljes (1) kemi:

$$\dot{\epsilon} = K \cdot \sigma^{1/m} = K \left( \frac{F}{S} \right)^{1/m} \quad (3)$$

ku  $F$  – forca e aplikuar në vijim të provës. Duke kombinuar këto dy relacione do të marrim:

$$\begin{aligned} - \frac{dS}{dt} &= K \left( \frac{F}{S} \right)^{1/m} \\ \frac{dS}{dt} &= -K F^{1/m} \frac{S}{S^{1/m}} \\ \frac{dS}{dt} &= -K F^{1/m} \frac{1}{S^{(1-m)}} \end{aligned} \quad (4)$$

Relacioni i fundit (4) tregon që ndryshimi i seksionit të një kampioni gjatë tërheqjes së tij, varet nga seksioni i çastit  $S$  me ndërhyrjen e  $m$ . Ai do të bëhet i pavarur kur  $m$  është i barabartë me 1. Kështu, për një material superplastik për të cilin  $m$  merr vlera të larta, ngushtimi, pra formimi i qafës nuk tenton të zhvillohet në mënyre katastrofike, deformimi është më uniform dhe zgjatimet relative deri në shkatërrim më të mëdha.

Kjo analizë shumë e thjeshtuar e stabilitetit plastik të një materiali që paraqet një ndjeshmëri të lartë të sforcimit nga shpejtësia e deformimit, është konfirmuar nga studime më të detajuara të influencës të koeficientit  $m$  mbi kinetikën e zhvillimit të një instabiliteti plastik që tregon se zgjatime relative shumë të mëdha mund të nrenen që nga

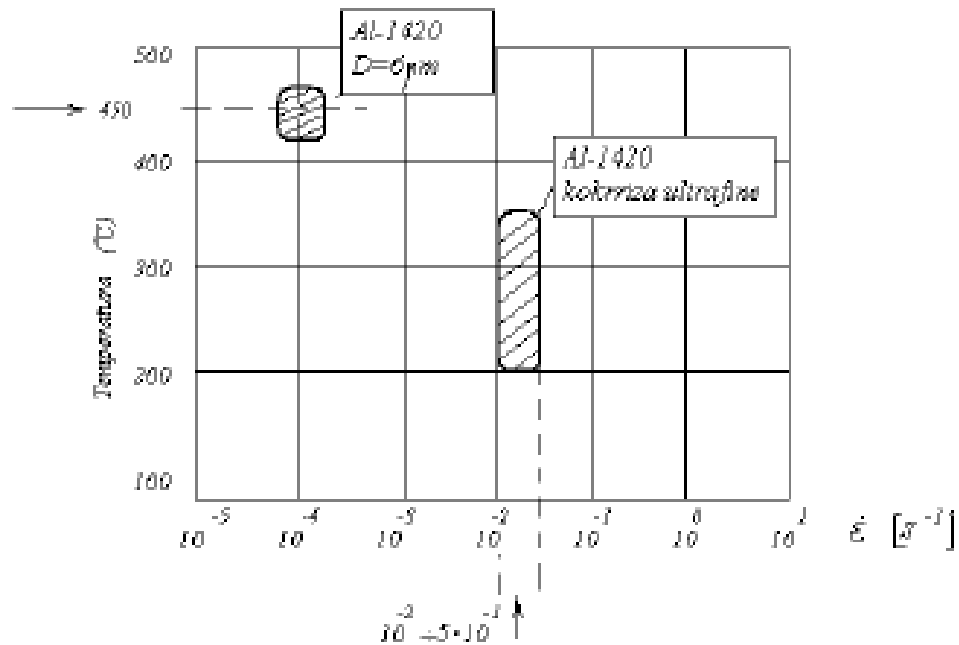


Fig. 9.2 Ullja e temperaturave dhe rritja e shpejtësisë së deformimit përmes përmirësimit të strukturës së materialit, te lidhja e aluminit Al-1420 (Al-Mg-Li), gjatë deformimit superplastik.

Ndërkaq, nëse qëllimi primar është që të rritet shpejtësia e deformimit, është e mundur që të realizohet formimi superplastik edhe në llogari të ashpërsimit mikrostrukturor. Një avantazh tjetër i temperaturave të larta të superplasticitetit është sforcimi (sforcimi) i ulët rrjedhës (flow stress). Poashtu kavitacioni si problem përcjellës i superplasticitetit është i lidhur me vlerën e sforcimit, pra, kur punohet në strukture kokrrizash ultrafine dhe në temperature të lartë, sforcimi i ulët rrjedhës ka të ngjarë që ta reduktojë kavitetin.

Në anën tjetër superplasticiteti në temperature të ulta është i dëshirueshëm për të ruajtur mikrostrukturën fine që ka veti më të larta si qëndrueshmëria, ductiliteti dhe qëndrueshmëria ndaj lodhjes. Pra, temperature e ulët superplastike jep veti shumë më të mira mekanike për detalin pas fazes së punimit.



$$\epsilon > 910 \% \quad \text{ne} \quad \dot{\epsilon} = 10^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Superali (Al-6%Cu-0.5%Zr)

Ne temperaturë 300 °C (573 °K) arrin këtë rezultat:

$$\epsilon > 660 \% \quad \text{ne} \quad \dot{\epsilon} = 10^{-2} \text{ s}^{-1} \quad \text{dhe}$$

$$\epsilon > 970 \% \quad \text{ne} \quad \dot{\epsilon} = 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Fig. 9.6 Shpejtësitë e larta deformimit gjatë zgjatimit të lidhjeve të Al të fituar me presim këndor shumë-kanalësh.

Te lidhja Ti-6Al-4V gjithashtu janë arritur temperatura të ulëta superplastike dhe shpejtësi të mëdha deformimi. Kokrrizat eku-aksiale alfa të materialit fillestar, janë reduktuar nga 11 në 0.3  $\mu\text{m}$  (pa e ndryshuar vëllimin), duke aplikuar një forcë të lartë në përdredhje (fig 9.7).

- për  $D < 10 \mu\text{m}$   $\Rightarrow T \geq 850^\circ\text{C} (1123^\circ\text{K})$  dhe  $\dot{\epsilon} = 5 \times 10^{-5} - 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Kurse për kokrriza ultra të imta (KUP)  $\Rightarrow T \geq 770^\circ\text{C} (973^\circ\text{K})$  dhe  $\dot{\epsilon} = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  dhe  $\epsilon = 474\%$

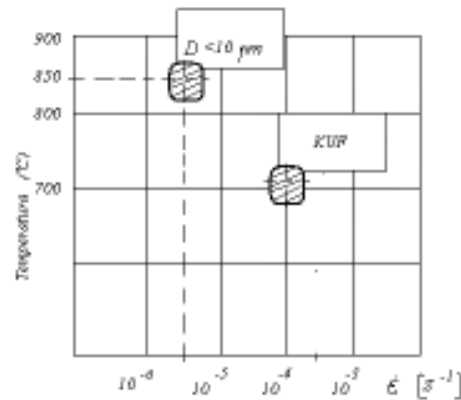


Fig 9.7 Ndikimi i imëzimit të strukturës të lidhja Ti-6Al-4V.

Nga tabela shihet që shumica e materialeve kanë bazë nga lidhjet e aluminit dhe nga lidhjet e magnezit, por i kemi gjithashtu edhe kompozitët e tyre, të përforcuar me fibra qeramike. Poashtu vërehet që superplasticiteti me shpejtësi të larta të deformimit është i lidhur me kokrrizat ultra të imta. Pra, për të arritur superplasticitet në shpejtësi deformimit  $>10^{-2} s^{-1}$ , duhet material me kokrriza shumë të imta ( $<5 \mu m$ ). Këtë e ka arritur teknologjia e punimit të materialeve me kokrriza ultra fine, e cila përdor disa mënyra për të arritur strukturë ultra fine:

- **Rikristalizimi dinamik.** Për disa lidhje të Al me strukturë subkokrrizore, rikristalizimi dinamik dhe struktura ultra fine ( $<3-5 \mu m$ ), lajmërohet në fazën e parë të deformimit në të nxehtë duke ofruar shpejtësi të deformimit superplastik  $>10^{-2} s^{-1}$ . Gjatë rikristalizimit dinamik, nga një strukturë subkokrrizore kalohet në një strukturë kokrrizash ultra fine. Shkaktar i këtij transformimi është deformimi në të nxehtë, kur rritet dezorientimi midis kufijve fqinjë ndërkokrrizorë, duke krijuar energji për rikristalizim kontinual. Mjaftojnë copëza mjaft të imta ( $30 nm$ ) që ta stimulojnë rikristalizimin dinamik.
- **Trajtimet termomekanike.** Imtësimi i kokrrizave me trajtim termomekanik duke e kombinuar me metoda të metalurgjisë së pluhurave, jep shumë strukturë të imtë të materialet kompozite me matricë metalike ( $\sim 3 \mu m$ ). Këtu rikristalizimin e stimulojnë copëzat e mëdha ( $>1 \mu m$ ). Kurse të kompozitët rikristalizimin e stimulojnë vetë fibrat ose copëzat përforcuese gjatë përpunimit me deformim në të ftohtë. Psh. Makrostruktura e kompozitit  $Si_3N_4/6061$  (Al-Mg-Si), jep superplasticitet me shpejtësi deformimi  $2 \times 10^{-1} s^{-1}$ .
- **Konsolidimi i pluhurit nanokristalor.** Me ekstruzion të pluhurit nanokristalor, fitohet material me kokrriza shumë të imta  $50-100 nm$  në temperaturë në temperaturë  $400^\circ C$  ( $773^\circ K$ ), në temperatura më të larta fillon rritja e kokrrizave (Al-14%Ni-14%Mn dhe Al-14%Ni-7%Mn-1%Zr). Rritja e kokrrizave varet edhe nga koha e mbajtjes në temperaturë të pjekjes. P.sh. Al-Ni-Mn-Zr, këtë strukturë e arrin në temperaturën  $773 K$  pas  $30s$ , e nëse mbahet  $30s$  në  $873 K$  kokrrizat bëhen rreth  $1 \mu m$ .
- **Lidhjet e lidhura mekanikisht.** Disa materiale me bazë alumini dhe me karakteristika superplastike me shpejtësi të larta deformimi, janë prodhuar duke u bërë bashkimi i elementeve në rrugë mekanike, psh. Kompoziti IN9052 (Al-4.0 Mg-1.1 C-0.8O), IN905XL, etj. Struktura e tyre është mjaft e mirë ( $350-500 nm$ ) dhe tregojnë sjellje superplasticiteti në shpejtësi mjaft të larta deformimi ( $10-100 s^{-1}$ ). Psh. IN9021 jep zgjatim  $1000\%$  me shpejtësi deformimi prej  $100 (10^2) s^{-1}$ .

### 9.1.1 Mekanizmat e deformimit

Është pranuar nga shumica e shkencëtarëve se procesi dominant deformues të materialet me shpejtësi të larta të deformimit, është rreshtëqitja e kufijve ndërkokrrizorë,