
THE INFLUENCE OF THE ISOTHERMAL COOLING SURFACES IN THE DEFORMATION OF THE CAST SPARE PARTS-SCENARIO OF A PLATE NDIKIMI I SIPËRFAQEVE IZOTERMIKE TË FTOHJES NË DEFORMIMIN E DETALEVE TË DERDHUR-RASTI I PLLAKËS

TEODOR KOTA^a, THOMA LICE^b

^aFakulteti i Shkencave të Natyrës, Universiteti i Tiranës

^bDepartamenti i Shkencave të Natyrës, Fakultet i Mësuesisë, Universiteti "Fan S. Noli", Korçë

AKTET V, 1: 158-162, 2012

PËRMBLEDHJE

Eksperimentet tregojnë se sipërfaqet izotermike të ftohjes së detaleve të derdhur prej gize janë të ngjashme me sipërfaqet e gradës së dytë dhe shkaktojnë tensione termike sipërfaqësore të mbetura në metalin e derdhur. Nisur nga ky model sipërfaqësh ne tregojmë se prerja jo e njëtrajtshme me anën e përpunimit mekanik të shtresave sipërfaqësore të detalit, në varësi të kërkesave teknike ndaj tij, çon në prishjen e ekuilibrit të këtyre tensioneve sipërfaqësore, gjë që sjell lindjen e tensioneve shtesë, të cilët janë përgjegjës për deformimin e detaleve. Në këtë studim ne shqyrtojmë vetëm ndikimin e tensioneve të mbetura termike dhe jo ato strukturore, të cilat me kalimin e kohës kanë ndikim në deformimin e detaleve. Pranimi i modelit të sipërfaqeve izotermike elipsoidale gjatë ftohjes dhe ndikimi i tyre në një masë të madhe në deformimin e detaleve pas punimit të tyre mekanik është e reja që sjellim në këtë punim.

Fjalë kyçe: deformim, sipërfaqe izotermike, tension sipërfaqësor, ekuilibër, detal i derdhur

SUMMARY

Experiments show that the isothermal cooling surfaces of the molded cast iron spare parts are similar to the second grade surfaces and their shape cause residual thermal tensions in the casted metal. Based on this surface model, it is shown that non-uniform cutting of superficial layers of the spare part through mechanical processing, depending on technical requirements against it, leads to imbalances of these surface tensions, which gives rise to additional tensions, which are responsible for deformation of the spare parts. In this study we examine only the influence of residual thermal tensions and not that of structural ones, which also have an impact on the deformation of spare parts over time. The acceptance of the model of elliptical isothermal surfaces during cooling and their great impact on the deformation of spare parts after their mechanical processing is the innovation this paper aims to present.

Key words: deformation, isothermal surface, surface tension, equilibrium, castings

HYRJE

Njohja e procesit të krijimit të tensioneve të mbetura gjatë ftohjes së detaleve pas derdhjes në formë dhe lëshimi i këtyre tensioneve si pasojë e vjetërimit (natyral apo artificial) [8,9,10] ka shumë rëndësi për përpunimin mekanik të tyre gjatë procesit të dhënies me saktësi të formës. Në këtë punim jemi munduar, që duke modeluar këtë proces dhe duke idealizuar disa

anë të tij, të japim një lidhje sasiore të masës së deformimit të detaleve gjatë vjetërimit natyral me tensionet e mbetura gjatë ftohjes së metalit të derdhur.

Eksperimentimi është kryer me detale prej gize të hirtë të markës GH 16-32, por përfundimet dhe modeli i paraqitur këtu kanë vlera metodike edhe për materiale të tjerë metalikë.

Modeli teorik

Si bazë të modelit tonë kemi pranuar:

1. Janë veçuar vetëm faktorët termikë dhe gjeometrikë.
2. Forma e detalit të derdhur është paraleliped kënddrejtë.
3. Për të lidhur masën e shformimit pas punimit mekanik të detalit me tensionet termike u mënjanuan ndikimet e mundshme nga mbingarkesat e përkohëshme, nga punimi i keq mekanik, nga formimi i fazave të ndryshme në metalin e derdhur me kalimin e kohës, etj.
4. Duke u mbështetur në vërtetimet eksperimentale të zonës së skuqur të detalit gjatë ftohjes, kemi pranuar si elipsoidale sipërfaqet izotermike të ftohjes.
5. Si parametër "historik", pra që merr parasysh lëvizjen e izotermave të ftohjes para procesit të vjetërimit, kemi pranuar shpejtësinë e ftohjes së detalit $v_f = -\frac{\partial t_m}{\partial \tau}$ që matet me K/s, ku t_m

është temperatura mesatare e detalit në çastin τ të kohës. Ky parametër përfaqëson në një farë mënyre gjithë funksionet lidhëse ndërmjet tensioneve dhe shformimeve në varësi të temperaturës.

6. Tensionet termike të mbetura do t'i marrim si tensione sipërfaqore të sipërfaqeve izotermike që formohen gjatë ftohjes së metalit. Nuk marrim në konsideratë ndikimin e tensioneve të mbetura strukturore, të cilat kanë shpërndarje, dëndësi dhe drejtime nga më të ndryshmet dhe shpesh edhe të papërcaktuara.

Si hap i parë është lidhja e tensioneve termike me formën e izotermave të ftohjes. Me rëndësi na u duk fakti që gjatë ftohjes, shtresat e jashtme të detalit kalojnë më shpejt nga gjendja *plastike* në atë *elastike*, duke pësuar kështu edhe një kurrje më të madhe. Kështu, shtresat që ftohen më përpara do ndodhen nën veprimin e tensioneve tërheqëse. Sipërfaqja izotermike që i takon kësaj temperature kalimi, ka prirje të zvogëlohet, duke u "elipsoiduar", në mënyrë që të përfshijë brenda saj një vëllim të brëndshëm më të madh se vëllimi përkatës i ftohur.

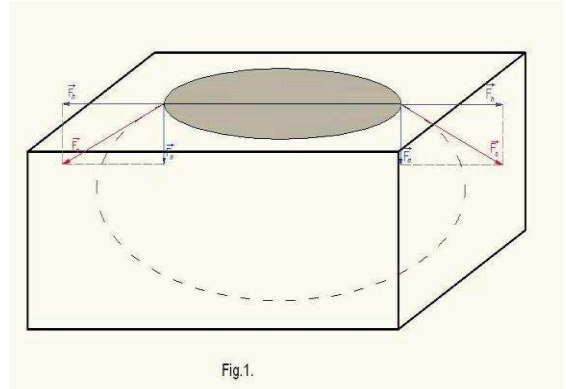


Fig.1.

Kjo gjë çon në krijimin e tensioneve të mbetura, të ngjashme me tensionet e një membrane të tendosur elastike elipsoidale me koeficient tensioni sipërfaqësor α . Duke marrë sistemin koordinativ xyz me origjinë në qendër të pllakës, tensioni termik në pikën A(0,0,z) të izotermës, sipas një prerjeje me planin $z=c^{te}$ (Fig.1) do të jepet me:

$$\sigma_s = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$$

ku R_1 dhe R_2 janë rrezet përkatëse të kurbaturës së elipsoidit në pikën A të prerjes. Rrezet e kurbaturës së elipsoidit që është tangjent me faqet e pllakës në pikën (0,0,c) të tij janë [4]:

$$R_1 = \frac{c}{l^2} ; R_2 = \frac{c}{b^2} \quad (2)$$

ku 2l, 2b dhe 2c janë përkatësisht gjatësia, gjërësia dhe trashësia e kampionit.

Hapi i dytë lidhet me përcaktimin e tensionit të pakompensuar që rezulton nga heqja e një shtrese të hollë të detalit nga sipërfaqja e sipërme pingul me boshtin oz, gjatë përpunimit mekanik të detalit. Heqja e një shtrese metali vetëm nga njëra faqe e kampionit shkakton largimin e kësulave elipsoidale të sipërfaqeve izotermike të ftohjes vetëm nga kjo anë. Kjo sjell prishjen e ekuilibrit të tensioneve të mbetura në metal. Forcat normale F_n synojnë të përkulin anët e kampionit përkundrajt boshtit oz. Përfundimisht pllaka do përkulet duke u bërë e mysët nga faqja e punuar mekanikisht (Fig.2.b).

Për shpejtësi ftohjeje konstante në intervalin 500-600°C të temperaturave, interval në të cilin ndodh kalimi i bazës metalike të gizës nga plastike në elastike, do të krijohen sipërfaqe izotermike të ftohjes me dendësi të njëjtë. Pranimi i kësaj hipoteze na lejon të pohojmë se madhësia e tensioneve sipërfaqësore shumë (termike), $\sigma_{s,sh}$, do të jetë përpjestimore me trashësinë e metalit të hequr. Këto tensione për një shtresë metali me trashësi dz do të jenë përpjestimore me $\frac{dz}{c}$, prandaj tensionet shumë që mbeten të pa ekuilibruar pas heqjes së shtresës me trashësi $c/2$ (që është trashësia e shtresës së hequr mekanikisht nga kampioni ynë) do të jenë përpjestimore me këtë trashësi. Tensioni i përgjithshëm sipërfaqësor, i pa ekuilibruar, i shtresës së hequr të metalit do të jetë:

$$\sigma_{sip.} = \alpha \int_{c/2}^c \left(\frac{1}{l^2} + \frac{1}{b^2} \right) dz = \frac{\alpha c}{2} \left(\frac{1}{l^2} + \frac{1}{b^2} \right) \quad (3)$$

(Kemi pranuar se kurbatura e të gjitha sipërfaqeve izotermike është e njëjtë me atë të sipërfaqes tangent me faqet e pllakës)

Në modelin tanë të idealizuar kemi pranuar se tensionet termike të lindura nga tkurrja e shtresave të metalit gjatë kalimit të tyre nga gjendja plastike në atë elastike, luajnë rolin e tensioneve sipërfaqësore të sipërfaqeve izotermike të ftohjes. Këto tensione termike jepen me anën e formulës [5][6][7][8]:

$$\sigma = \frac{E\lambda v_f c^2}{6(1-\mu)\alpha} \left[\left(1 - \frac{3z^2}{c^2} \right) \left(1 + \frac{v^2}{6} \right) \right] \quad (4)$$

ku v është rrënja e zgjidhjes së ekuacionit të përcjellshmërisë termike (në këtë rast mund të përafrojmë $1 + \frac{v^2}{6} \approx 1,1$); $E=9 \cdot 10^4$ MN/m² është moduli i elasticitetit për gizën në temperaturën 300°C; $\mu=0,3$ është koeficienti i Puasonit; $\lambda=1,2 \cdot 10^{-5} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ është koeficienti i bymimit linear për gizën; $a=0,695 \cdot 10^{-6} - 10^{-5}$ m²/s është koeficienti i përcjellshmërisë termometrike për derdhjen përkatëse; v_f është shpejtësia e ftohjes; z jep vendndodhjen e prerjes nga 0 në c ;

c është gjysmëlartësia e detalit. Tensioni i përgjithshëm i krijuar nga shtresa e hequr e kampionit është përpjestimore me $\frac{dz}{c}$ dhe pas integritit përftohet shprehja:

$$\sigma_{sh} = \frac{E\lambda v_f c}{6(1-\mu)\alpha} \int_c^{c/2} \left(1 - 3 \frac{z^2}{c^2} \right) dz = \frac{E\lambda v_f c^2}{16\alpha(1-\mu)} \quad (5)$$

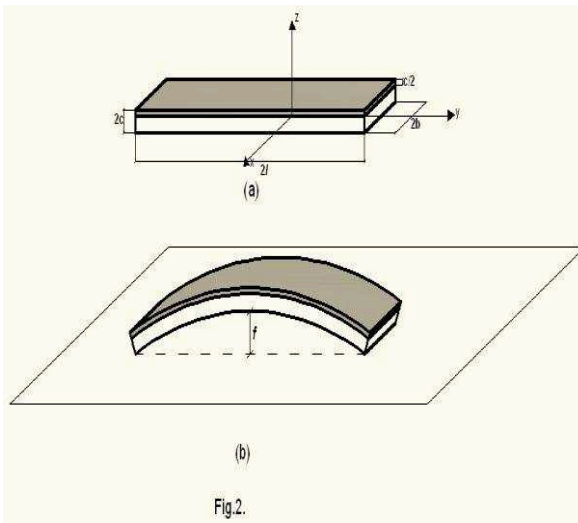
Duke pranuar se tensionet termike të mbetura përbëjnë tensionin sipërfaqësor të sipërfaqeve izotermike të ftohjes mund të krahasojmë (1) me (4) për një pikë (0,0,z) të prerjes së detalit. Nga ky barazim gjejmë koeficientin e tensionit sipërfaqësor të këtyre sipërfaqeve:

$$\alpha = \frac{E\lambda v_f c^2}{6(1-\mu)\alpha} \left[\left(1 - \frac{3z^2}{c^2} \right) \left(1 + \frac{v^2}{6} \right) \right] \left(\frac{1}{l^2} + \frac{1}{b^2} \right) \quad (6)$$

PJESA EKSPERIMENTALE

Nga kampionet e derdhur prej gizës së hirtë në formë paralelipedi kënddrejtë me përmasa $2l=0,308$ m, $2b=0,048$ m dhe $2c=0,018$ m, u hoq me përpunim mekanik një shtresë metali horizontale me trashësi $h=c/2$ (Fig.2.a). Kjo shtresë u hoq vetëm nga njëra faqe e pllakës. Me anën e mikroskopit universal për matje përmasash u vrojtua zhvendosja f e pikës $A(0,0,c/2)$ në qendër të faqes së punuar të kampionit, ku dhe pritët të marrim përkuljen maksimale në varësi të kohës së vjetërimit natyral (Fig.2.b). Matjet e përkuljes së kampionit u kryen çdo ditë dhe u vu re që në kushtet e vjetërimit natyral, gjëndje e qëndrueshme (pa ndryshime të dukshme të f) përftohet pas 30 ditësh dhe vlera maksimale e përkuljes ishte $f=7 \cdot 10^{-5}$ m.

Meqenëse ftohja e kampioneve u krye në ajër me shpejtësi $v_f = 300^{\circ} - 400^{\circ}\text{C/orë}$, sidomos në zonën e temperaturave 500⁰-600⁰C, në të cilën kryhet kalimi i bazës metalike të gizës nga gjendja plastike në atë elastike, formula (6) na jep vlerën përkatëse të koeficientit të tensionit sipërfaqësor α në intervalin nga 0,2 deri në 0,42 MN/m.



Duke zëvendësuar të dhënat e kampionit tonë në formulën për llogaritjen e tensioneve sipas teorisë së rezistencës së materialeve [9], [10], për madhësinë e përkuljes së kampionit tonë gjejmë:

$$\sigma = \frac{16fEc}{9l^2} = 4,38 \text{ MN/m}^2 \quad (7)$$

Për të fituar edhe më shumë siguri në këtë rezultat, mbi kampionet e gizës u kundërveprua me forcën 250 N për të zhdukur përkuljen që kishin fituar ata për shkak të vjetërimit. Nga teoria e rezistencës së materialeve dimë se për të realizuar një përkulje të tillë duhet të veprohet me një forcë:

$$F = \frac{64Ebf c^3}{(2l)^3} \approx 270 \text{ N}$$

Vërehet që kjo vlerë del mjaft e afërt me atë eksperimentale. Po të zëvendësojmë vlerën e σ të dhënë nga (7) në formulën (1) disi të transformuar, marrim për koeficientin e tensionit sipërfaqësor vlerën $\alpha=0,28 \text{ MN/m}^2$. Duket që kjo vlerë bie brenda intervalit të mësipërm për vlerat e α . Kjo tregon se kemi një përputhje të pranueshme të modelit fizik me rastin real.

DISKUTIMI I REZULTATEVE

Marrja e formulave që lidhin në mënyrë sasiore madhësinë e shformimit f me tensionet e mbetura gjatë vjetërimit të detaleve krijon mundësi për parashikimin praktik të tolerancave në përpunimin mekanik të detaleve.

Forma e sipërfaqeve izotermike të derdhjes rezultojnë të lidhura me tensionet e mbetura termike të detaleve. Supozimi ynë që tensionet e mbetura termike gjatë ftohjes së metalit të kampionit tip pllakë, luajnë rolin e tensioneve sipërfaqësore, doli i drejtë.

Modeli i thjeshtë fizik i propozuar nga autorët e punimit, mbi formën elipsoidale të sipërfaqeve izotermike të ftohjes, shpjegon në mënyrë të kënaqëshme shformimet e detaleve të derdhur prej gize për shkak të vjetërimit natyral, kur këta detale janë përpunuar mekanikisht jo në mënyrë simetrike.

Nga formula (4) shihet që tensioni termik i mbetur, kështu edhe ai sipërfaqësor i sipërfaqeve izotermike, varet linearisht nga shpejtësia e ftohjes. Kjo do të thotë se me rritjen e shpejtësisë së ftohjes rritet edhe kurbatura e sipërfaqeve izotermike. Kur shpejtësia e ftohjes është shumë e vogël, po e tillë do të jetë edhe kurbatura e sipërfaqeve izotermike. Kjo dukuri është në përputhje me eksperimentin, i cili tregon se për shpejtësi të mëdha ftohjeje këto sipërfaqe kanë formë “të rrumbullakosura”, kurse për shpejtësi të vogla ftohjeje ato janë “të rrafshëta”.

BIBLIOGRAFI

1. Chopra O. K. Thermal ageing of cast stainless steels: Mechanisms and predictions. Pressure vessels and piping conference. 1990.
2. Nicola M. W., Richard V. Age strengthening of gray cast iron phase III- Effect of ageing temperature. American Foundry Society Transaction. 2001.
3. Maluf O., Mareto A. J., Angeloni M., etc. Thermomechanical and isothermal fatigue behavior of gray cast iron for automotive brake discs. 2006.
4. Anton Howard. Multivariable calculus, New York, 1992.
5. Likov V.A. Teorija teploprovodnosti, Moskë, 1952.
6. Kreith Frank Principles of heat transfer (Fifth edition), 1993.
7. Novikov I. I. Teorija termičeskij obrabotkij metallov, Moskë, 1978.

8. Abramov V. V. Ostatočnije naprazhenija i deformacii v metallah, Moskë, 1963.

9. Savin N. Q. Raspredeljenije naprazhjenije okollo otversti, Kiev, 1968.

10. Riley F. William, Sturges D. Leroy. Engineering mechanics. Dynamics & Statics. New York, 1993.