

SHTAMPLARNING DAVRIY YUKLAMALARDAN CHARCHASH NATIJASIDA BUZILISH XUSUSIYATLARI

Abdullayev Fatxulla Sagdullayevich

Toshkent davlat texnika universiteti, t.f.d. professor

a.fathulla.ond@gmail.com

Komilov Islomjon Raimkul o'g'li

Olmaliq davlat texnika instituti, assistent

islom.komilov1992@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada hajmiy issiqalayin shtamplash jarayonida shtamplarning kam siklli charchashini hisoblashning yangi usuli yoritilgan. Bu usul QForm dasturiy ta'minoti uchun qo'shimcha dastur sifatida ishlab chiqilgan bo'lib, shtamplash jihozlarning chidamliligini baholashga mo'ljallangan. QForm yordamida modellashtirish va amaliy sinovlar bilan taqqoslash orqali olingan natijalar keltirilgan. Shuningdek, maqolada shtamplarning charchash natijasida tahminiy yemirilishini aniqlash usullari haqida qisqacha ma'lumot berilgan.

Kalit so'zlar: shtamplarning chidamliligi; charchashdan yemirilish; issiq shtamplash; hisoblash usuli; modellashtirish; Qform

ABSTRACT: The article presents a new method for calculating low-cycle fatigue of dies in the volumetric hot stamping process. This method has been developed as an additional program for QForm software and is designed to assess the durability of stamping equipment. Results obtained through QForm modeling and comparisons with practical tests are provided. Additionally, the article briefly outlines methods for determining the estimated wear of dies due to fatigue.

Keywords: Durability of stamps; fatigue wear; hot stamping; calculation method; modeling; Qform

Аннотация: В статье изложен новый метод расчёта малоциклового усталости штампов при объёмной горячей штамповке. Данный метод разработан в качестве дополнительного модуля к программному обеспечению QForm и предназначен

для оценки долговечности штамповой оснастки. Приведены результаты, полученные путём моделирования в QForm и их сопоставления с данными практических испытаний. Кроме того, кратко рассмотрены методы определения предполагаемого износа штампов в результате усталостного разрушения.

Ключевые слова: долговечность штампов; усталостный износ; горячая объёмная штамповка; метод расчёта; моделирование; QForm.

KIRISH

Dunyo miqyosida bo'layotgan siyosiy va iqtisodiy o'zgarishlar mashinasozlik va boshqa ishlab chiqarish sohalalariga ham o'z ta'sirini ko'rsatmoqda. O'zgarishlar sanoatning turli sohalarida energo va resurstejamkorlikning, texnologik jihozlar, qo'llanilayotgan material va texnologiyalarga bo'lgan talablarning eng samarali usullaridan foydalanishni taqozo etadi. [8]

Shtamplarning chidamliligi shtamplash usullari bilan tayyorlanadigan mahsulot narxiga ta'sir ko'rsatuvchi eng muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi (mahsulot umumiy narxining 5 foizidan 30 % foizigacha [1])

Charchash natijasida buzilish, issiq shtamplash shtamplarining yeyilishdan keyingi ikkinchi muhim buzilish sababi [2] termomexanik tabiatga ega. Siklik termik yuklanish bilan birgalikda asbobning deformatsiyasi materialning charchashiga olib keladi, bu esa shtamplarning yuklanish qobiliyatining pasayishi va yoriqlarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODLAR

Texnik adabiyotlarda an'anaviy ko'rib chiqilgan shtamplarni yuklashning muhim xususiyati uning pulsatsion xarakterga ega ekanligidir. Shtampdagi kuchlanishlar har bir siklda noldan maksimumgacha shunday o'zgaradiki, bunda teskari ishorali yuklanishlar yuzaga kelmaydi (yoki ular ahamiyatsiz bo'ladi). Bunda yuklanish maksimumlarini doimiy deb hisoblash mumkin. Bundan kelib chiqadiki, metallning mustahkamlanish hodisasi tufayli plastik deformatsiyalar paydo bo'lgan birinchi sikldan so'ng, qolgan

barcha sikllar elastik deformatsiyalar doirasida qolishi kerak [3]. Bu xulosa, agar mustahkamlanish izotrop deb qabul qilinsa, to'g'ri bo'ladi. Kinematik yoki aralash mustahkamlashda plastik deformatsiyalar to'planishi mumkin.

Siklning doimiy kuchlanishida (agar harorat va tayyorlanma og'irligining o'zgarishlari hisobga olinmasa, bolg'alach shtamplarida aynan shunday holat kuzatiladi) mustahkamlanadigan materiallar uchun barqaror rejim elastik siklga mos keladi va odatda u dastlabki bir necha sikllarda (8-10 sikl) erishiladi. Har bir sikl bilan plastik deformatsiyaning to'planishi kamayib boradi.

[5, b] ishlarda ko'rsatilishicha, shtampli po'latlar uchun termomexanik charchashda harorat, chastota va boshqa omillarga bog'liq bo'lgan davriy yumshatilish effekti kuzatiladi. Texnik adabiyotlarda [7] shtampli po'latlarning yumshatilishi boshlang'ich paytda maksimal darajada bo'lishi, keyinchalik esa yumshatilish jadalligi pasayishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Siklik yuklanish jarayonida deformatsiyaga qarshilik o'zgarishini aniqlash imkonini beruvchi matematik model taklif etilgan.

G. Bernxart va boshqalar tomonidan [6]. Model bir o'qli kuchlanish holati uchun mustahkamlanishning umumlashtirilgan modeliga [8] asoslanadi:

$$|\sigma - X| - R - \sigma_Y = 0, \quad (1)$$

bunda X - mustahkamlanishning kinematik tashkil etuvchisi, R - izotrop tashkil etuvchi, σ_Y - oqish chegarasi. Izotrop tashkil etuvchi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$R = Q_1 \varepsilon^p + Q_2 (1 - \exp(-\beta \varepsilon^p)), \quad (2)$$

bunda ε^p - to'plangan plastik deformatsiya; Q_1 , Q_2 , β - material va haroratga bog'liq parametrlar.

Shtamplarning charchashga mustahkamligini hisoblash uslublari

Mahsulotning hayot sikli jarayonida ikki bosqichni ajratib ko'rsatish mumkin - yoriqning paydo bo'lishi va uning tarqalishi. Hisob-kitoblar amaliyoti shuni ko'rsatadiki,

masalan, [9] ishda, shtampning umumiy hayot siklida yoriqning tarqalish vaqti uning paydo bo'lish vaqtidan bir necha daraja kam, shu sababli yoriqning tarqalish vaqti odatda e'tiborga olinmaydi.

Shtamlarning buzilishini bashorat qilish bo'yicha mavjud ishlar asosan Menson-Koffin-Baskvin tenglamasiga asoslanadi [3, 9-10].

Meyson tomonidan taklif etilgan modelga ko'ra, umumiy deformatsiya elastik va plastik deformatsiyalarning yig'indisidan iborat bo'lib, ularning har biri buzilishgacha bo'lgan sikllar soniga darajali bog'liqlikka ega [10]. Keyinchalik, Morrou hisob-kitoblarda eng keng tarqalgan umumiy deformatsiya amplitudasi uchun aynan shu qonunning quyidagi ko'rinishini taklif qildi:

$$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \left(\frac{\sigma'_f}{E}\right)(2N_f)^b + \varepsilon'_f (2N_f)^c, \quad (3)$$

bu yerda $\Delta \varepsilon/2$ to'liq deformatsiyalar amplitudasi; $2N_f$ - yuklamaning reverslanish soni (har bir siklda ikkitadan reverslanish); va ε'_f va σ'_f/E (bitta reverslanish) bo'lganda o'qning elastik va plastik chiziqlarining kesishish nuqtasi; c va b - sikllarning logarifmik shkalasidan foydalanganda plastik va elastik chiziqlarning qiyaligi.

Bajarilgan tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, hozirgi kunga qadar hajmiy shtamplash uchun shtamlarni termomexanik yuklashning o'ziga xos xususiyatlarini: pulsatsiyalanuvchi siklda siklik yumshatish, dastlabki 8...10 sikl davomida plastik deformatsiyaning to'planishini to'liq aks ettiradigan uslub mavjud emas.

Mahalliy olimlarning ishlarida [1] shikastlanishlarning to'planishiga asoslangan kichik siklli buzilishning deformatsion-kinetik mezonidan foydalaniladi:

$$\int_0^{N_f} \frac{dN}{N_f(T, t)} + \int_0^{N_f} \frac{de}{\varepsilon_f(T, t)} = 1 \quad (4)$$

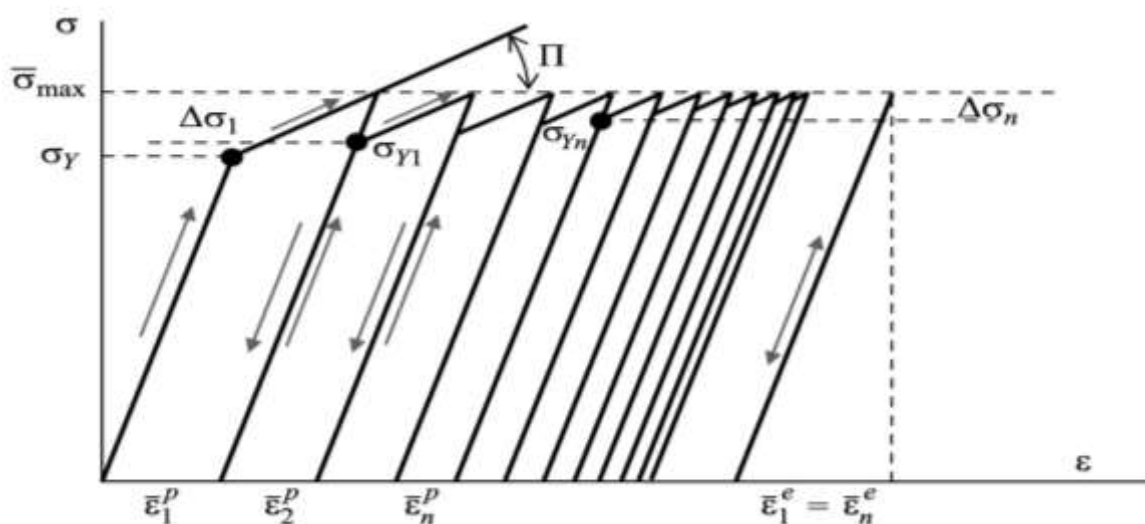
bu yerda $N_f(T, t)$ - termomexanik yuklanish sikllarining berilgan shaklida qattiq yuklanish uchun charchash egri chizig'i bo'yicha resurs, $\varepsilon_f(T, t)$ - berilgan sharoitlarda uzoq muddatli yuklanishdagi chegaraviy plastik deformatsiya.

Ushbu mezon yumshoq va aralash yuklanish rejimlari uchun shikastlanishlarning to‘planish jarayonini aks ettiradi. Birinchi integral toliqishdan yuzaga kelgan shikastlanishni, ikkinchisi esa davriy yuklanish jarayonida materialda to‘plangan kvazistatik shikastlanishni aniqlaydi.

Taklif etilayotgan hisoblash usuli quyidagi farazlarga asoslanadi:

1. Shtamlarni siklik yuklash jarayoni ikki bosqichning yig‘indisi sifatida ko‘rib chiqiladi - birinchi bosqichda kuchlanishlar to‘plangan joylarda ma’lum bir chegaraviy qiymatgacha plastik deformatsiyalarning to‘planishi bilan kechadigan elastik-plastik yuklanish, ikkinchisida esa sof elastik yuklanish sodir bo‘ladi.
2. Plastik va elastik deformatsiyalardan kelib chiqqan shikastlanishlar yig‘indisi buzilishning deformatsion-kinetik mezoni (4) bo‘yicha jamlanadi.
3. Elastik deformatsiyadan yuzaga kelgan shikastlanish Menson-Koffin-Baskvin (3) tenglamasining elastik tashkil etuvchisi asosida aniqlanadi.
4. Kuchlanishlar to‘plangan joylardagi maksimal kuchlanishlar o‘zgarmas bo‘lib, birinchi sikl yuklamalari bilan aniqlanadi deb hisoblanadi.
5. Plastik deformatsiyalarning to‘planish jarayoni termotsiklik bo‘shashish mexanizmi bilan aniqlanadi. Bo‘shashish oqimlik chegarasini pasaytiradi. Oqimlik chegarasining pasayish miqdori sikldagi plastik deformatsiyaga mutanosib. Bunda mustahkamlanish moduli o‘zgarmas qoladi.

Plastik deformatsiyalarning to‘planish jarayoni modeli 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Mustahkamligini yo‘qotishni hisobga olgan holda shtamlarni siklik yuklashda plastik deformatsiyalarning to‘planishi [1]

Undan ko‘rinadiki, har bir yangi siklda plastik deformatsiya kamayib, oxir-oqibat nolga intiladi, elastik deformatsiya esa o‘zgarishsiz qoladi. Shunday qilib, Menson-Koffin-Baskvin qonunidan to‘g‘ridan-to‘g‘ri foydalanish imkonsiz, chunki elastik va plastik deformatsiyalar miqdorlarining o‘zaro muvofiqligi mavjud emas.

Bo‘shashish texnologik tanaffus paytida sodir bo‘ladi deb hisoblaymiz, bu esa keyingi siklda deformatsiyaga qarshilikning $\Delta\sigma_n$ miqdoriga pasayishiga olib keladi:

$$\Delta\sigma_n = R_n - R_{n-1}, \quad (5)$$

bu yerda R_n va R_{n-1} - yuklanishning n va $(n-1)$ sikllaridan keyingi bo‘shashish.

QForm dasturida asbob deformatsiyasini modellashtirish uchun mustahkamlanish egri chizig‘ining bo‘lakli-chiziqli approksimatsiyasi qo‘llaniladi. Shunda ixtiyoriy sikldagi plastik deformatsiya quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\varepsilon_n^{-p} \frac{\Delta\sigma_{n-1}}{\Pi} = \quad (6)$$

bu yerda Π - mustahkamlanish moduli.

Umumiy plastik deformatsiya quyidagi rekurrent formula bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon_{\Sigma}^{-p} = \varepsilon_{\Sigma}^{-p} \varepsilon_{\Sigma}^{-p} \quad (7)$$

Plastik deformatsiya tufayli yuzaga keladigan shikastlanish shikastlanishning to‘planish tenglamasi asosida aniqlanadi [16]:

$$\omega = \int_0^{\varepsilon} \left(\frac{d\varepsilon}{\varepsilon_{cr}} \right)^a \quad (8)$$

Ushbu tenglama shikastlanish darajasi to'plangan plastik deformatsiyalar miqdoriga mutanosib, degan g'oyaga asoslanadi. Bunday holda, deformatsion-kinetik mezonning plastik tarkibiy qismi quyidagi ko'rinishga o'zgaradi:

$$d_s = \int_0^{N_f} \frac{d\varepsilon}{\varepsilon_f(T, t)} = \left(\frac{\varepsilon_{\Sigma}^{-p}}{\varepsilon_{cr}} \right)^a \quad (9)$$

Moddiy parametrlar - kritik deformatsiya ε_{cr} va shikastlanishlar to'planishining nochiqlikliligini aks ettiruvchi daraja ko'rsatkichi a , harorat, Lode-Nadai parametri va kuchlanish holatining ko'p o'qliligi ko'rsatkichiga bog'liq. H13 (1.2344, 4X5MF1S-EP572, 40CrMoV5) po'lati uchun bu bog'liqliklarni [1] ishining ma'lumotlari asosida aniqlash mumkin. H13 po'latining siklik yumshatilishi bo'yicha ma'lumotlar [1] ishda keltirilgan tajriba natijalarini [6] uslubi bo'yicha qayta ishlash natijasida olingan.

Siklning o'rtacha kuchlanishini hisobga olgan holda elastik deformatsiyadan kelib chiqqan shikastlanishni hisoblash formulasini Morrou notatsiyasidagi Menson-Koffin-Baskvin umumiy formulasidan olish mumkin [1]:

$$\sigma_{qa} = (\sigma'_f - \sigma_{qm})(2N_f)^b, \quad (10)$$

bu yerda σ_{qa}, σ_{qm} - keltirilgan amplituda va siklning o'rtacha kuchlanishi.

Uch o'qli kuchlanish holatida amplituda va siklning o'rtacha kuchlanishini keltirish uchun birinchi asosiy yoki o'rtacha kuchlanishlar ishorasini hisobga olgan holda Mizes bo'yicha ekvivalent kuchlanishlardan foydalaniladi [1]. Shtamlarda uch o'qli kuchlanish holatida:

$$\sigma_{eq} = \bar{\sigma} \frac{|\sigma_m|}{\sigma_m}, \quad \sigma_{qa} = \frac{\sigma_{eqmax} - \sigma_{eqmin}}{2}, \quad \sigma_{qm} = \frac{\sigma_{eqmax} + \sigma_{eqmin}}{2}, \quad (11)$$

bu yerda $\bar{\sigma}$ - Mizes bo'yicha ekvivalent kuchlanishlar, σ_m - o'rtacha kuchlanish.

σ'_f Materialning parametrlari - toliqish mustahkamligi koeffitsienti va toliqish mustahkamligi darajasi ko'rsatkichi (Menson-Koffin qonunining elastik chiziqli qiymati) b tajriba ma'lumotlaridan olinishi mumkin. H13 po'lati uchun ular [2] ish ma'lumotlarini qayta ishlash asosida aniqlangan.

Har bir sikldagi yuklama bir xil deb qabul qilib, kuchlanishlar bo'yicha charchashdan shikastlanish uchun quyidagini olamiz: $\sigma_{eq} = \sigma' - (\sigma_m) / \sigma_m$, $\sigma_{qa} = (\sigma_{eqmax} - \sigma_{eqmin}) / 2$ $\sigma_{qm} = (\sigma_{eqmax} + \sigma_{eqmin}) / 2$,

$$d_f \int_0^{N_f} \frac{dN}{N_f(T,t)} = 2N_f \left(\frac{\sigma'_f - \sigma_{qm}}{\sigma_{qa}} \right)^{1/b} \quad (12)$$

Yoriq paydo bo'lishigacha bo'lgan sikllar sonining yakuniy bashorati quyidagi ko'rinishni oladi:

$$N_f = \frac{1 - \left(\frac{\epsilon_{\Sigma}^{-p}}{\epsilon_{cr}} \right)}{2 \left(\frac{\sigma'_f - \sigma_{qm}}{\sigma_{qa}} \right)^{1/b}} \quad (13)$$

Formula murakkab xususiyatga ega bo'lib, plastik deformatsiyalarni hisobga olgan va olmagan holda chidamlilikni bashorat qilish imkonini beradi.

Charchashdan yemirilishni bashorat qilish misollari

Taklif etilgan algoritmnı amalga oshirish uchun *QForm* dasturiy majmuasi uchun shtamlarning chidamliligini hisoblash bo'yicha foydalanuvchi kichik dasturi yaratildi. Kichik dastur majmua kutubxonasiga kiritilgan va shtamp uskunasi chidamliligini hisoblash imkonini beradi.

Kichik dastur asbobning quyidagi hisoblash maydonlarini aniqlashga yordam beradi:

- buzilishgacha bo'lgan sikllarning bashorat qilingan soni;
- birinchi sikl uchun plastik deformatsiya;

- yemirilish paytiga kelib to‘plangan plastik deformatsiya;
- plastik deformatsiya to‘planadigan sikllar soni;
- plastik deformatsiyalardan yuzaga kelgan shikastlanish;
- siklning ekvivalent amplitudasi;
- siklning ekvivalent o‘rtacha kuchlanishi.

Sinov hisob-kitobi uchun *Cramlington Precision Forge Ltd* tomonidan ishlab chiqarilgan konussimon shesternyani issiqlayin shtamplash uchun shtamp ishlatiladi. Sanoat ekspluatatsiyasi natijalari shuni ko‘rsatadiki, shesternya ishlab chiqarish uchun shtamp taxminan 400 ta pokovkaga bardosh beradi. Shtampning buzilishi matritsa yuzasining galtel o‘tish asosidagi tishlar chuqurligini shakllantiruvchi qismida sodir bo‘ladi (2-rasm). Keyin yoriq galtel o‘tish bo‘ylab tarqaladi¹.

3-rasmda (muqovaning 2-tasmasiga qarang) yuklanish maksimal qiymatga yetganda jarayonning yakuniy bosqichida yuqori shtampda ekvivalent kuchlanishlarning taqsimlanishi ko‘rsatilgan. Samarali kuchlanishlarning maksimal qiymatlari tishlardan shtampning tekis qismiga o‘tish zonasida paydo bo‘ladi, bu yerda yemirilish zonasi kuzatiladi. Kuchlanishlar shtamp materialining H13 oquvchanlik chegarasidan oshib ketadi, bu esa shtampning mahalliy plastik deformatsiyalanishiga olib keladi.

Shtamlarni yuklash siklining tahlili shuni tasdiqlaydiki, uch o‘qli siqilishning kuchlanganlik holati (uchala asosiy kuchlanishlar manfiy) yumaloqlanish sohasida yuklashning boshlang‘ich bosqichida yuzaga keladi. Shtamplashning oxirgi bosqichida quyqa hosil bo‘lishida kuchlanish holati 1600...1800 MPa ekvivalent kuchlanishli bir o‘qli cho‘zilishga yaqin bo‘ladi. Shunday qilib, o‘tish sohasida sikl o‘rtacha kuchlanishining musbat qiymati bilan yuklanishning o‘zgaruvchan sikli mavjud.

Qolipning haroratini hisoblash metallning oqishini va qolipning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini modellashtirish bilan bir vaqtda amalga oshiriladi (bog‘liq masala). Modellashtirish shuni ko‘rsatadiki, buzilish zonasidagi harorat 200...400 °C oralig‘ida o‘zgaradi.

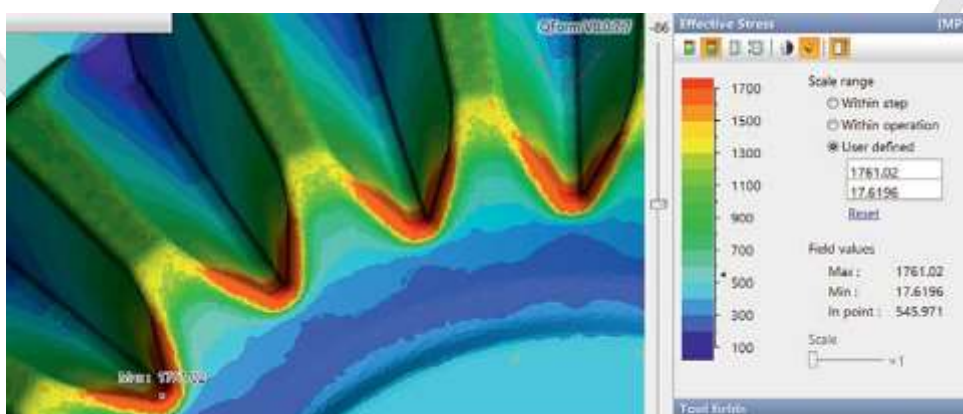
Shtamlarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati va harorat sharoitlari haqidagi barcha ma’lumotlarga ega bo‘lgach, biz ishlab chiqilgan shtamplashning buzilishgacha bo‘lgan ish sikllari sonini hisoblash uslubini qo‘llashimiz mumkin.

Natijalar 4-rasmda keltirilgan (muqovaning 2-qismiga qarang). Hisoblangan sikllar soni 398 tani tashkil etadi, bu amaliy ma'lumotlar bilan ham tasdiqlanadi.

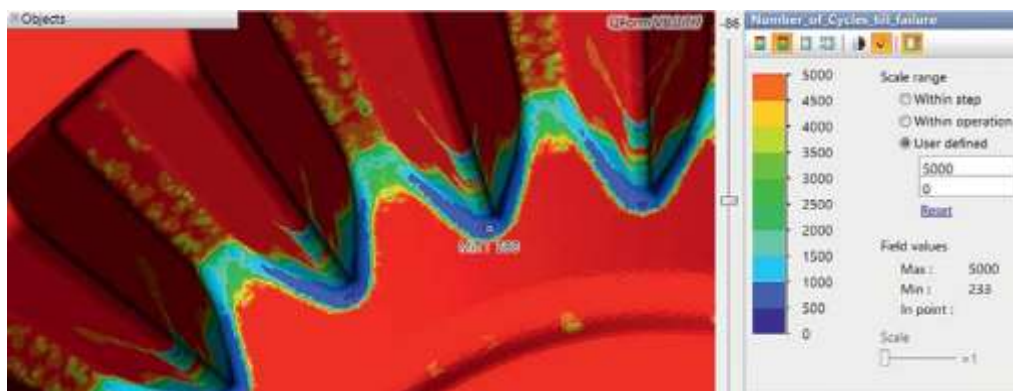
Quyidagi misolda po'lat detalning bolg'ada shtamplash jarayonida shtamplarning ishlashini ko'rib chiqamiz. O'tishlar ketma-ketligi 5-rasmda tasvirlangan. Asosiy texnologik ko'rsatkichlar quyidagicha: ikki tonnali gravitatsion bolg'a, AISI 1020 markali uglerodli po'latdan tayyorlangan zagotovka, zagotovka harorati 1200 °C, asbobning boshlang'ich harorati



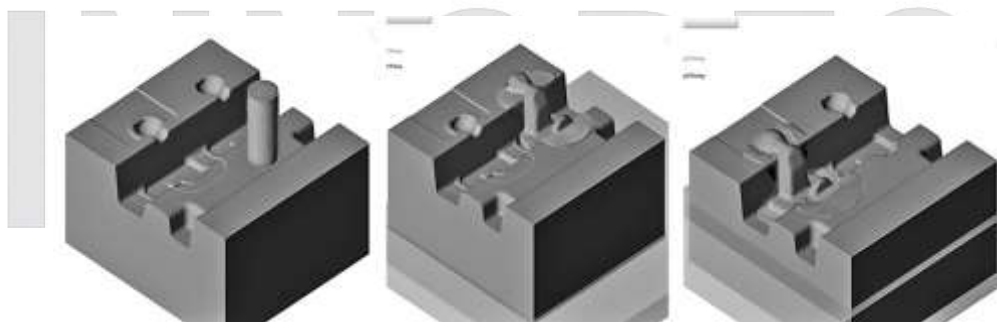
2-rasm. Konussimon shesternyani shtamplash uchun mo'ljallangan shtampning 400 sikldan so'ng buzilishi [1]



3-rasm. QForm VX dasturida shtamplash yakunida yuqori shtampdagi Mizes bo'yicha ekvivalent kuchlanishlar taqsimotini (MPa) hisoblash [1]



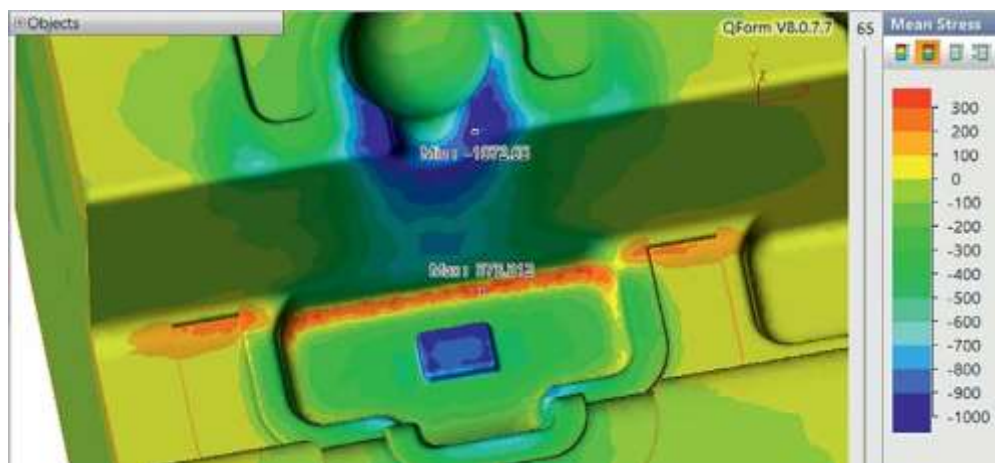
4-rasm. Galtel o'tish joyida shtamp buzilishigacha bo'lgan hisoblangan sikllar soni [1]



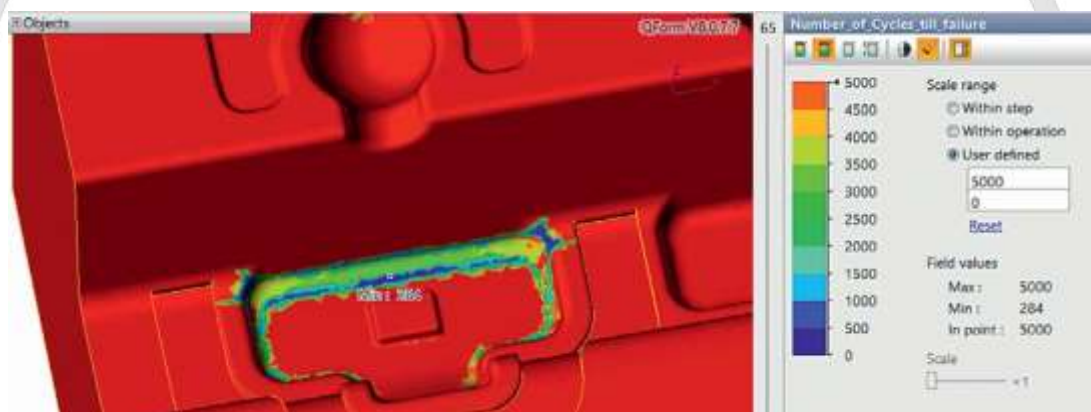
5-rasm. QForm VX dasturida hisoblangan bolg'ada shtamplashning birinchi, ikkinchi va uchinchi o'tishlaridagi zagotovka shakli [1]



6-rasm. Shtamplashning uchinchi o'tishida taxminan 200 ta pokovkadan keyin shtampdagi charchash yorig'I [1]



7-rasm. Shtamplashning uchinchi bosqichida kritik zonada oʻrtacha kuchlanishlar taqsimoti va ularning chegaraviy qiymatlari [1]



8-rasm. QForm VX dasturida hisoblangandan soʻng charchashdan buzilishgacha boʻlgan sikllar soni [1]

300 °C, asbob materiali H13 poʻlati. Har bir oʻtish uchun bitta zarba zarur. Moylash materiali sifatida grafitning suvdagi eritmasi qoʻllaniladi. Mavjud texnologiya boʻyicha shtamlarning chidamliligi 200 pokovkani tashkil etadi. Xarakterli charchash yoriqlari boʻlgan shtampning surati 6-rasmida koʻrsatilgan.

Bolgʻada shtamplashni modellashtirish jarayonida "zagotovka-asbob" bogʻliq termomexanik masala koʻrib chiqiladi. Charchashdan yemirilish nuqtayi nazaridan eng muhim operatsiya uchinchi operatsiya hisoblanadi. Shtamlarning kuchlanish holatini tahlil qilish natijasida xavfli zonada, yaʼni shtamplar buzilishi sodir boʻladigan joyda,

cho‘zuvchi kuchlanishlar mavjudligi aniqlandi (6-rasmga qarang). Shtampdagi maksimal cho‘zuvchi kuchlanishlar 7-rasmda qizil rang bilan ajratib ko‘rsatilgan (ilovaning 1-qismiga qarang). Haroratni hisoblash natijalariga ko‘ra, yuklashning birinchi siklida shtamplar 250 °C gacha qiziydi.

Asbobning charchash hisob-kitoblari birinchi misoldagi kabi H13 po‘lati uchun ham bir xil tajribaviy xususiyatlar bilan amalga oshirildi. Bolg‘alab shtamplash uchun shtamplarning chidamliligini baholash natijalari ham 8-rasmda ko‘rsatilganidek, shtamplarning ishlash amaliyotiga yaxshi mos kelishini namoyon etadi (ilovaning 1-qatoriga qarang).

H13 materialining elastik davriy yuklanishdagi chidamliligi [1] ishida o‘rganilgan, plastik deformatsiyalarning kritik qiymatlari [1] tadqiqotlar asosida taxminlangan. Amaliyotda keng qo‘llaniladigan M2, L6 va H11 kabi boshqa asbobsozlik materiallari uchun (12) va (13) tenglamalarga kiruvchi parametrlarni aniqlash zarur. Boshqacha aytganda, H13 po‘lati uchun o‘tkazilgani kabi tajribaviy o‘lchovlarni amalga oshirish va ma’lumotlar bazasiga quyidagi parametrlarni kiritish lozim:

- Yung moduli, Puasson koeffitsiyenti va haroratga bog‘liq mustahkamlanish parametri;
- kritik deformatsiyaning ε_{cr} harorat va kuchlanish holati parametriga bog‘liqligi;
- davriy yumshatish parametrlarining Q_1 , Q_2 , β haroratga bog‘liqligi;
- charchash mustahkamligi koeffitsiyenti σ_f' va charchash mustahkamligi darajasi ko‘rsatkichi b ning haroratga bog‘liqligi.

Eng murakkab vazifa (9) va (13) tenglamalarga kiruvchi kritik plastik deformatsiyani aniqlashdir. Shunga qaramay, asbobsozlik po‘latlarining xususiyatlari bo‘yicha muhim tajribaviy ma’lumotlarning cheklanganligi bilan, ushbu ishda ko‘rsatilganidek, issiq va sovuq shtamplash shtamplarining chidamliligini miqdoriy baholash imkoniyati mavjud.

XULOSA

1. Hajmiy issiq shtamplashda shtamplarning kam siklli charchashini hisoblash uchun taklif etilgan usul deformatsiyaning ham elastik, ham plastik tarkibiy qismlarini, shuningdek haroratni inobatga olish kerak.

2. Ishlab chiqilgan modelni amaliy tajribalar misollari asosida tekshirish amaliyot bilan yaxshi muvofiqlikni ko'rsatadi.
3. Ishlab chiqilgan usul sanoatda asbobning chidamliligini oldindan aytish va shtamplar konstruksiyasini takomillashtirish uchun muvaffaqiyatli qo'llanilishi mumkin.
4. Shtamplarning charchashga mustahkamligini hisoblash uslublarini ishlab chiqarish sohasida qo'llanilishi, zagatovkalarining chiqindiga chiqib ketish miqdorini kamaytirib iqtisodiy samaradorlikka olib keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. A.B. Власова, С.А. Стебунова «**Расчет усталостной стойкости штампов при объемной горячей штамповке**» 2016. № 11 кузнечно-штамповочное производство обработка материалов давлением
2. *Lemaitre J., Chaboche J. L.* Mechanics of solid materials. Cambridge: Cambridge University Press. 1990. 556 p.
3. *Skov-Hansen P., Bay N., Grønbaek J., Brøndsted P.* Fatigue in cold-forging dies: tool life analysis // Journal of Materials Processing Technology. 1999. Vol. 95. № 1. Pp. 40—48.
4. *Fu M. W., Lu J., Chan W. L.* Die fatigue life improvement through the rational design of metal-forming system // Journal of materials processing technology. 2009. Vol. 209. № 2. Pp. 1074—1084.
5. *Akhtar S. S., Arif A. F. M.* Fatigue Failure of Extrusion Dies: Effect of Process Parameters and Design Features on Die Life // Journal of failure analysis and prevention. 2010. Vol. 10. № 1. Pp. 38—49.
6. *Behrens B. A., Bouguecha A., Schäfer F., Hadifi T.* FEA Based Tool Life Quantity Estimation of Hot Forging Dies Under Cyclic Thermo-Mechanical Loads // International Conference On Advances In Materials And Processing Technologies (AMPT 2010). AIP Publishing. 2011. Vol. 1315. № 1. Pp. 303—308.

7. Машиностроение. Энциклопедия / Детали машин. Конструкционная прочности. Трение, износ, смазка. Т. IV-1 / Д. Н. Решетов, А. П. Гусенков, Ю. П. Дроздов и др. М.: Машиностроение. 1995. 864 с.

8 М. Эргашев, А.А. Абдукаххаров, И.Р. Комилов, Т.Н. Кенджаев. Ейилган деталларни қайта тиклаш ва мустаҳкамлаш технологииларининг самарадорлигини таққослаш // Наука и образование. 2023. №2.URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/yeyilgan-detallarni-qayta-tiklash-va-mustahkamlash-texnologiyalarining-samaradorligini-taqqoslash>(дата обращения: 16.04.2024).

9. Фатхулла Сагдуллаевич Абдуллаев, Исломжон Раимкул Углы Комилов Горячая штамповка зубчатых передач // Science and Education. 2024. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/goryachaya-shtampovka-zubchatyh-peredach> (дата обращения: 10.11.2025).

10. Эргашев Махмуд, Якубов Лазизхон Эргашхонович, Саъдуллаев Зариф Шарипович, Комилов Исломжон Раимкул Углы СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОГО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ // Universum: технические науки. 2024. №5 (122). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-remontnyh-rabot-vostanovleniya-iznoshennyh-detaley-gornogo-metallurgicheskogo-oborudovaniya> (дата обращения: 12.11.2025).