

впливу структурних перетворень та технологічних параметрів ГТЦ ІА на формування експлуатаційних властивостей азотованих деталей.

Список використаної літератури

1. Пастух И.М. Модификация металлов с применением азотирования в тлеющем розряде: состояние и перспективы // Проблемы трибологии – 2004. – № 3. – С. 42– 55.
2. Пат. 10014 Україна, МПК 7 C23C 8/06. Спосіб поверхневого зміцнення сталевих деталей іонно-плазмовим азотуванням у пульсуючому тліючому розряді: Ляшенко Б.А., Рутковський А.В., Мірненко В.І, Радько О.В.; Національна академія оборони України. – № 19782; Заявл. 19.09.06; Опубл. 15.12.06, Бюл. №12 – 5 с.
3. Впровадження технології підвищення питомої потужності автотракторних двигунів за рахунок застосування поршнів з теплозахисними покриттями, отриманими за допомогою енергозберігаючої технології вакуумного азотування в пульсуючому пучку плазми: Звіт про НДР (заключний)/ ІПМ ім. Г.С.Писаренко НАН України. – Інв. № 00574. – К., 2006. – 159 с..
4. Пат. 24695 Україна МПК (2006) G01N3/56. Машина тертя: Скуратовський А.К.; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". – № u 200702330; Заявл. 03.03.2007; Опубл. 10.07.2007, Бюл. №10 – 4 с.
5. Глоба О.В., Майданюк С.В., Плівак О.А. Вимірвальна система по визначенню параметрів шорсткості поверхні // Вестник национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт" – К. : Машиностроение, 2001. – № 41. – С. 91– 94.

**В.А. Тітов, докт.техн.наук, проф., Н.К. Злочевська, асп.
НТУ України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна**

АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ДЕФОРМАЦІЙ МЕТАЛУ У ГВИНТОВОМУ КАНАЛІ

В останній час особливий інтерес привертають процеси, що забезпечують інтенсивні пластичні деформації для модифікації структури металів та сплавів [1, 2, 3]. До них в першу чергу відносяться процеси рівно канального пересування, гвинтової екструзії та інші. Внаслідок великих пластичних деформацій створюється дрібнодисперсна (ультра- або нанодисперсна) структура матеріалу, що забезпечує йому підвищенні фізико-механічні, а в ряді випадків нові властивості. Важливим аспектом цієї технології є створення рівномірного розподілу нової структури в об'ємі матеріалу. Це можна забезпечити керування розподілу деформацій в процесі пресування. Тому актуальним завданням вважаємо аналітичне дослідження напружено-деформованого стану (НДС) в залежності від умов пресування.

Аналіз НДС матеріалу в процесах пресування, що забезпечують інтенсивні пластичні деформації, описано в роботах вчених [4, 5, 6]. Вони, як правило виконанні з використанням чисельних методів, дають уявлення щодо розподілу параметрів НДС та підтверджені експериментально. На базі цих досліджень створені та впроваджені технологічні процеси, що реалізують інтенсивні пластичні деформації при пресуванні, або екструзії.

Наряду з цим певний науковий інтерес представляє теоретичне дослідження течії металу, яке дозволяє отримати безперервні функції, що характеризують НДС на всіх етапах деформування металу. Це дає можливість встановити загальні закономірності деформування та прогнозувати напрямки розвитку процесів.

Для теоретичного дослідження використані основні положення теорії пластичної течії металу в рамках якої вихідними даними для аналізу є функції (поле) швидкостей переміщення часток металу в процесі деформування [7].

Розглянемо течію металу у гвинтовому каналі в процесі пресування. Вважаємо, що гвинтовий канал має постійну площу поперечного перерізу повздовж напрямку течії, який співпадає з віссю OZ каналу. В загальному випадку форма каналу у поперечному перерізі описується в циліндричній системі координат функцією $R = f(\varphi)$. Гвинтова твірна каналу має постійний кут нахилу θ до вісі паралельній OZ на його поверхні.

Відносно деформівного стану вважаємо, що внаслідок постійності площі поперечного перерізу деформації повздовж осі OZ відсутні, а швидкість матеріальних точок металу повздовж осі не залежить від координати Z:

$$\frac{\partial V_z}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Деформування реалізується за рахунок повороту поперечних перерізів у відповідності до руху металу повздовж гвинтової твірної. Тоді швидкість матеріальних точок в площинні перерізу не залежить від координати φ

$$\frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} = 0 \quad (2)$$

В загальному випадку тангенціальну складову поля швидкостей можна задати функцією

$$V_\varphi = Arz \quad (3)$$

Невідомий коефіцієнт A визначаємо з граничної умови, що при $r = R$ та $z = l$, $V_\varphi = V_1$. Тоді функція (3) має вигляд

$$V_\varphi = \frac{V_1}{Rl} zr \quad (4)$$

де l – довжина гвинтового каналу.

V_1 – тангенційна швидкість матеріальної точки, що знаходиться на поверхні гвинтового каналу.

Швидкість V_1 залежить від швидкості пресування V_0 , а також від кута нахилу твірної гвинтового каналу:

$$V_1 = V_0 \operatorname{tg} \theta \quad (5)$$

Виходячи з умови сумісності деформацій в циліндричній системі координат:

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r}{r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0 \quad (6)$$

та враховуючи (1) та (2) остаточно знаходимо компоненти вектора перемішень:

$$\begin{aligned} V_\varphi &= \frac{V_0 \operatorname{tg} \theta}{Rl} r z; \\ V_r &= 0; \\ V_z &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Враховуючи (7) тензор швидкостей деформацій має вигляд:

$$T_\varepsilon = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{V_0 \operatorname{tg} \theta}{Rl} r \\ 0 & \frac{V_0 \operatorname{tg} \theta}{Rl} r & 0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Аналіз (8) показує, що деформації зсуву розвиваються в площині φz . Величина питомих деформацій (деформацій віднесених до габаритів каналу) пропорційна куту гвинтової твірної θ .

Максимальна величина деформацій співпадає з периферійними знаками деформівного стану. Їх величина знижується до нуля на осі каналу, що підтверджує нерівномірність деформацій по поперечному перерізу заготовки.

Отримані співвідношення дозволяють також розрахувати напружений стан матеріалу заготовки, силові та енергетичні параметри процесу.

Список використаної літератури

1. Процессы пластического структурообразования металлов /В.М. Сегал, В.И. Резников, В.И. Копылов и др. – Минск: Наука и техника, 1994. – 232с.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272с.
3. Сегал В.М. Развитие обработки металлов интенсивной сдвиговой деформацией // Металлы, 2004, №1. – с.5-14.
4. Новые схемы накопления больших пластических деформаций с использованием гидроэкструзии /Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, С.Г. Сынков и др. // Физика и техника высоких давлений – 1999, т.9, №3. – с.109.
5. Бейгельзимер Я.Е., Решетов А.В., Сынков В.Г. Уширяющая экструзия как метод устранения неравномерности свойств по сечению заготовки – Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, 2005, №2, с.48.
6. Алексеев Ю.Н. Вопросы пластического течения металлов – Харьков; Из-во ХГУ, 1958. - 188с.