

СЕРДЮК О.В., СУХОРОУКОВ С.І.

Вінницький національний технічний університет
ORCID ID: 0000-0000-0000-0000
e-mail: karvatkoolga@ukr.net

СЕРДЮК В.В., КОРЧИНСЬКИЙ О.А.

Вінницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
ORCID ID: 0000-0000-0000-0000
e-mail: cerdukvasy@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБКОЧУВАННЯ РОЛИКОМ ІЗ ГВИНТОВОЮ РОБОЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ

В роботі наведено результати досліджень використаного ресурсу пластичності при обкочуванні торіодальним роликом із гвинтовою робочою поверхнею.

Ключові слова: напруження, деформації, пластичність, обкочування роликом, напружено-деформований стан.

SERDIUK OLGA V., SYCHORYKOV SERGIY I.

Vinnytsia National Technical University

SERDIUK VASYL V., KORCHYNS'KYI OLEKSANDR A.

Vinnytsia Research forensic center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine

RESEARCH OF THE ROLLING PROCESS WITH A SCREW WORKING SURFACE

Recently, in Ukraine and in other countries, special attention is paid to the quality and technological heredity of finished products, which receive metal treatment by pressure. One of the important tasks in the production of parts is to ensure the high quality of the working surfaces and improve the physical and mechanical characteristics of the surface layer of their material. One of the most economical and effective ways of solving this problem is to strengthen details by surface plastic deformation (PPE), which allows to more fully realize the potential properties of structural materials in real details of complex structure and in details with stress concentrators. Using the methods of deformability theory, the value of the resource used and its dependence on the parameters of the process of surface plastic deformation is determined at the design stage. It is necessary to have information about the stress-strain state in the deformation cell and the laws of its change, depending on the parameters of the process of surface plastic deformation. The most effective direction for improving the technology of roughing roller is the choice of rational parameters of the geometry of the tool and process technology. Analyzing the obtained results it can be concluded that there is a significant nonmonotonic deformation due to the fact that there is a wave in front of the roller in which there is a stress tension, while under the roller there is a stressful state of comprehensive compression. In addition, when changing the direction of obstruction, the sign of tangential stresses, which contributes to the partial recovery of microcracks and, consequently, to reduce the value of the used resource of plasticity. According to the results of researches, it was established that the optimal mode is treatment, in which a tool with three turns is used and the routing is performed once in two opposite directions. This allows you to increase the hardness of the original workpiece almost twice and get a surface with a minimum roughness. The obtained results show the advantage of nonmonotonic deformation, as in these cases, with the same degree of deformation of the surface layer of the metal, the resource of plasticity in the first case is much smaller.

Keywords: stress, deformations, plasticity, deformation of roller, the stress-strain state.

Постановка проблеми

Подальше вдосконалення процесів обкочування деталей можливе при удосконаленні форми робочого інструменту. В роботі [1] запропоновано для обкочування використовувати ролик, що має гвинтову робочу поверхню з перемінним кроком. Але при цьому має бути оптимізована конструкція інструменту (діаметр, крок витків, радіус сферичної поверхні), технологічні параметри процесу (подача, зусилля, швидкість) для забезпечення максимальної твердості поверхневого шару при мінімальному використаному ресурсі пластичності, та для забезпечення необхідних показників точності та шорсткості поверхні.

Аналіз останніх джерел

В роботі [2] наведено дані про експериментальні дослідження процесу обкочування торіодальним роликом, що підтверджують доцільність його використання для отримання якісного поверхневого шару. Але відсутні дослідження використаного ресурсу пластичності. При поверхневій пластичній деформації використаний ресурс пластичності може бути розрахований за моделлю [2], що використовується для процесів накопичення пошкоджень при немонотонній пластичній деформації. Грунтуючись на відомих результатах моделювання процесів ОМТ методом скінчених елементів [3], для розв'язку задачі пластичного деформування поверхневого шару заготовки можна використовувати програму LS-DYNA [4, 5]. Дана програма дозволяє моделювати напружено-деформований стан під час пластичного формозмінення матеріалів, взаємодію контактних поверхонь інструмента та заготовки з врахуванням тертя.

Введення початкових даних виконується з командного файлу. Для візуалізації результатів імітаційного моделювання та їх наступного аналізу використовували препроцесор LS-PREPOST, що входить до складу пакету LS-DYNA [6, 7].

Метою роботи є дослідження якості поверхневого шару металу заготовки пластично зміцненого обкочуванням роликом на основі розрахованого використаного ресурсу пластичності матеріалу при

немонотонній деформації.

Виклад основного матеріалу

В даній моделі розглядається обкатка сталевого валу (Сталь 45), роликот діаметром 50 мм, з профільним радіусом – 5 мм. Аналіз отриманих результатів показує, що мають місце три зони деформування [8]: область випередження область налипання або область безпосередньо контакту ролика і деталі; область відставання. Формування всіх зон добре видно на рис. 1.



Рис. 1 . Утворення пластичної хвилі перед роликом та після нього на поверхні деталі

Оскільки при обкочуванні має місце немонотонність навантаження, то величину використаного ресурсу пластичності в поверхневому шарі металу після обкочування розраховували за критерієм [9]:

$$\Psi = \sqrt{\Psi_{ij}\Psi_{ji}}, \quad (1)$$

де Ψ_{ji} – компоненти тензора пошкоджень [8].

Отримана траєкторія навантаження для точки, в якій величина використаного ресурсу пластичності приймає найбільші значення та поверхня граничних деформацій сталі 45 наведена на рис. 2.

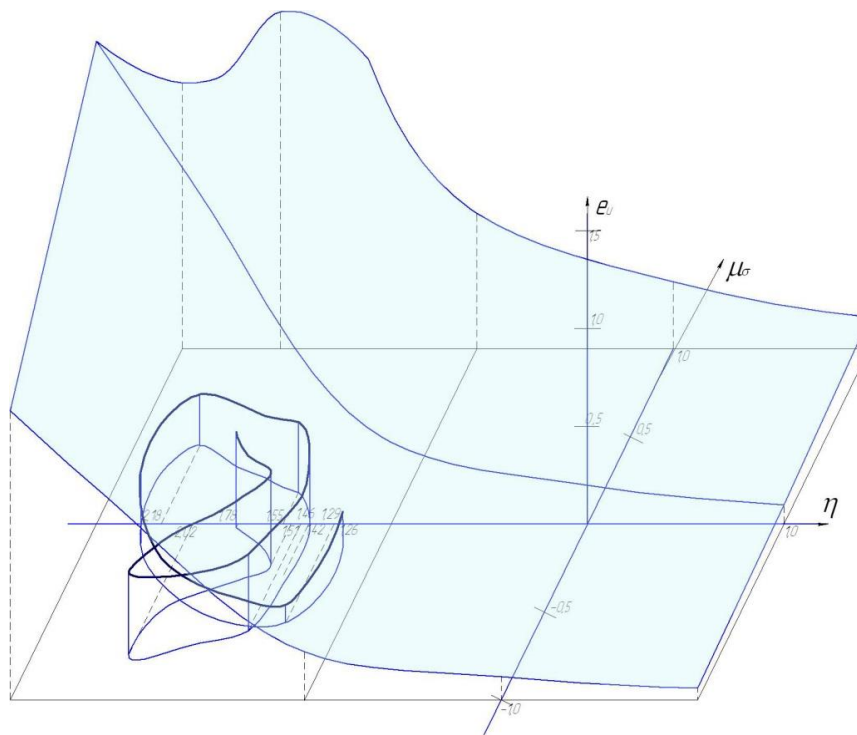


Рис. 2. Траєкторія навантаження при обкочуванні двічі в різних напрямках

Отримані результати свідчать про те, що при немонотонному навантаженні інтенсивність накопичення пошкоджень зменшується. Із отриманих результатів видно, що при вдавлюванні напруження σ_x , σ_y стискуючі, а напруження σ_z стискуюче під роликом, але розтягуюче перед та після нього на поверхні деталі. Що підтверджує складний напружений стан при вдавлюванні та обкочуванні деталі.

Висновки

Визначено напружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика з довільною кривизною робочої поверхні в поверхню довільної кривизни. Установлено, що в загальному випадку, коли контур вм'ятини має еліптичну форму, розподіл тиску по поверхні контактної площадки трансформується від еліптичного на пружній стадії деформації до близького рівномірному при розвинутій пластичній деформації в зоні контакту.

Література

1. Пат. 76462 Україна, МПК В 24 В 39/00. Ролик для обкочування металевих деталей / О. В. Сердюк та Т. В. Ярошенко. – № u 2012 05857, Бюл. № 1, заявл. 14.05.2012, опубл. 10.01.2013.
2. Сивак Р. И. Накопление повреждений при поверхностной пластической деформации / Р. И. Сивак, О. В. Карватко, В. Т. Ивацко // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. – 2006. – № 1 (3). – С. 18–20.
3. Грушко О. В. Визначення силових характеристик процесів обробки тиском методом еквівалентної оцінки / О. В. Грушко, В. В. Кухарь, Т. І. Молодецька // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні : збірник наукових праць. – Луганськ, 2012. – № 31. – С. 218–226.
4. Сердюк О. В. Оцінка пластичності поверхневого шару металу при немонотонному навантаженні / О. В. Сердюк, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков, Р. І. Сивак // Наукові нотатки : міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). – 2016. – Випуск 54. – С. 277–281.
5. Сердюк О. В. Напружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика / О. В. Сердюк, І. О. Сивак, М. А. Карватко // Наукові нотатки : міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). – 2013. – Випуск 40. – С. 251–256.
6. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом / О. В. Сердюк // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32). – С. 15–18.
7. Сивак Р. И. Влияние немонотонности пластической деформации на напряжённое состояние / Р. И. Сивак, О. В. Сердюк, И. О. Сивак // Обработка материалов давлением. – 2010. – № 2 (23). – С. 3–7.
8. Sivak R. I., Serdiuk O. V., and Yablonska S. Z. (2009). Evaluation of the metal surface layer plasticity in the process of surface plastic deformation. Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi. Sectia: Stiinta si ingineria materialelor, Tomul LV (LIX), Fasc. 3, p. 201–204.
9. Карватко О. В. Экспериментально-расчетное определение использованного ресурса пластичности в порвхностном слое при обкатке цилиндрическими роликами / О. В. Карватко, О. В. Дерибо, В. Т. Ивацко // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – 2008. – № 1 (19). – С. 211–214.

References

1. Pat. 76462 Ukraina, MPK V 24 V 39/00. Rolyk dlia obkochuvannia metalevykh detalei / O. V. Serdiuk ta T. V. Yaroshenko. – № u 2012 05857, Biul. № 1, zaiavl. 14.05.2012, opubl. 10.01.2013.
2. Sivak R. I. Nakoplenie povrezhdenij pri poverhnostnoj plasticheskoj deformacii / R. I. Sivak, O. V. Karvatko, V. T. Ivacko // Visnik Donbaskoyi derzhavnoyi mashinobudivnoyi akademii : zbirnik naukovih prac. – 2006. – № 1 (3). – S. 18–20.
3. Hrushko O. V. Vyznachennia sylovykh kharakterystyk protsesiv obrobky tyskom metodom ekvivalentnoi otsinky / O. V. Hrushko, V. V. Kukhar, T. I. Molodetska // Resursozberihaiuchi tehnolohii vyrobnytstva ta obrobky tyskom materialiv u mashynobuduvanni : zbirnyk naukovykh prats. – Luhansk, 2012. – № 31. – S. 218–226.
4. Serdiuk O. V. Otsinka plastychnosti poverkhnevoho sharu metalu pry nemonotonnomu navantazheni / O. V. Serdiuk, I. O. Syvak, S. I. Sukhorukov, R. I. Syvak // Naukovi notatky : mizhvuzivskyi zbirnyk (za haluziamy znan «Tekhnichni nauky»). – 2016. – Vypusk 54. – S. 277–281.
5. Serdiuk O. V. Napruzhenodeformovanyi stan v oseredku deformatsii pry vdavliuvanni toroidalnoho rolyka / O. V. Serdiuk, I. O. Syvak, M. A. Karvatko // Naukovi notatky : mizhvuzivskyi zbirnyk (za haluziamy znan «Tekhnichni nauky»). – 2013. – Vypusk 40. – S. 251–256.
6. Serdyuk O. V. Modelirovanie processa deformirovaniya poverhnosnogo sloya pri obkatke cilindricheskimi rolikami / O. V. Serdyuk // Obrabotka materialov davleniem. – 2012. – № 3 (32). – S. 15–18.
7. Sivak R. I. Vliyanie nemonotonnosti plasticheskoj deformacii na napryazhyonnoe sostoyanie / R. I. Sivak, O. V. Serdyuk, I. O. Sivak // Obrabotka materialov davleniem. – 2010. – № 2 (23). – S. 3–7.
8. Sivak R. I., Serdiuk O. V., and Yablonska S. Z. (2009). Evaluation of the metal surface layer plasticity in the process of surface plastic deformation. Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi. Sectia: Stiinta si ingineria materialelor, Tomul LV (LIX), Fasc. 3, p. 201–204.
9. Karvatko O. V. Eksperimentalno-raschetnoe opredelenie ispolzovanogo resursa plastichnosti v porverhnostnom sloe pri obkatke cilindricheskimi rolikami / O. V. Karvatko, O. V. Deribo, V. T. Ivacko // Obrabotka materialov davleniem : sbornik nauchnyh trudov. – 2008. – № 1 (19). – S. 211–214.

Рецензія/Peer review : 21.09.2021 р.

Надрукована/Printed : 10.10.2021 р.