

інформаційно-навчального середовища [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ite.kspu.edu/issue-3/p-11-19>.

9. Бугайчук К.Л. Массовые открытые дистанционные курсы: понятие, типология, перспективы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://bugaychuk.blogspot.com/2013/06/blog-post_22.html.

УДК 621.7; 621.8; 539.4

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ ПОВЕРХНЕВИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Марченко Д.Д., к.т.н., доцент

Миколаївський національний аграрний університет

Приведено огляд літературних джерел і виконано системний аналіз існуючих технологічних методів обробки поверхневим пластичним деформуванням сталевих деталей, що сприймають контактні навантаження. Показано, що якісну сторону процесу поверхневого пластичного деформування визначає в значній мірі збільшенням твердості і міцності металу поверхневим наклепом, а також приріст опорної поверхні при обкатуванні роликками, що дає можливість розглядати його як один із ефективних способів підвищення працездатності, ресурсу при використанні деталей машин.

Приведен обзор литературных источников и выполнено системный анализ существующих технологических методов обработки поверхностным пластическим деформированием стальных деталей, воспринимающих контактные нагрузки. Показано, что качественную сторону процесса поверхностного пластического деформирования определяет в значительной степени увеличением твердости и прочности металла поверхностным наклепом, а также прирост опорной поверхности при обкатывании роликками, что позволяет рассматривать его как один из эффективных способов повышения работоспособности, ресурса при использовании деталей машин.

Контактна міцність деталей і вузлів машин залежить в основному від властивостей і стану матеріалу поблизу поверхні, що сприймає контактні навантаження, від шорсткості і форми поверхні, контакту і від умов навантаження з боку інших деталей, що передають контактні

навантаження [1, 2]. Для характеристики поверхні деталі і матеріалу поблизу поверхні потрібно знати мікро- і макрогеометрію поверхні, структуру і механічні властивості субповерхневих шарів матеріалу, а також НДС його в цій області, що залишається після остаточних процесів обробки поверхні.

Усі ці чинники тісно пов'язані з технологічними методами і процесами, які застосовують при обробці даної деталі, тому аналізувати найзручніше у зв'язку з видами і комплексами технологічних операцій, що формували поверхню деталі й матеріал поблизу неї.

Зміцнення робочих поверхонь ППД, – ударами (наклепуванням) і обкатуванням набуло широкого розповсюдження в машинобудуванні й застосовується як для підвищення втомленої міцності деталей, що працюють на згинання, кручення і розтягування, так і для зміцнення поверхонь, що сприймають контактні навантаження. Методи поверхневої пластичної деформації розподіляють на статичні і ударні (рис. 1) [3 – 6].

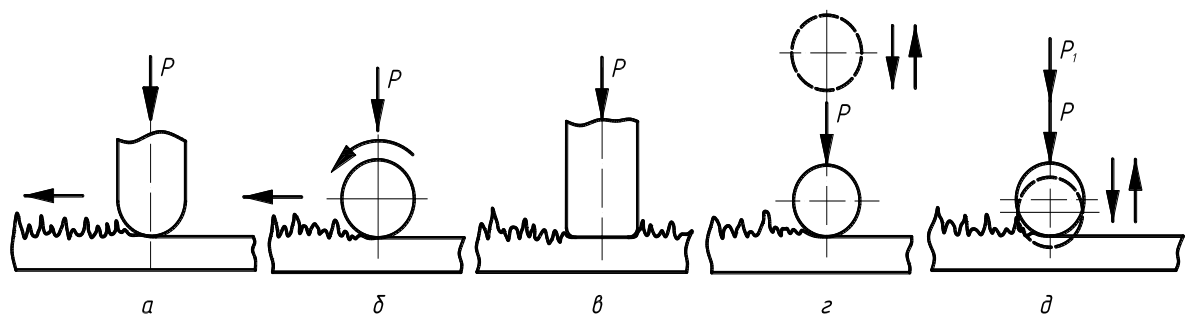


Рис. 1. Характер контактної взаємодії інструмента з поверхнею, що оброблюється при різних методах поверхневої пластичної деформації

До статичних методів відносяться різноманітні види вигладжування (рис. 1, *a*) і накатування (рис. 1, *б*), а також метод одноразового обтискування оброблюваної поверхні (рис. 1, *в*) без переміщення осередків дії.

При методах ударної дії (рис. 1, *г*, *д*) інструмент, робочі тіла або середовища багаторазової дії на всю поверхню, що оброблюється або на її частину, при цьому сила дії P в кожному циклі змінюється від нуля або від

деякого значення P_1 до максимуму, а у разі ударної локальної дії осередок деформування може (як і в статичних методах) послідовно та рівномірно проходити всю поверхню, що оброблюється.

Головними з цих методів є наклепування оброблюваних поверхонь ударами, зокрема обдування дробом, а також обкатування твердими роликками. Цим операціям можуть піддаватися як механічно оброблені поверхні, так і поверхні, що отримані після штампування, прокатування та інших операцій.

Статичні методи ППД, як правило, забезпечують меншу шорсткість поверхні із сприятливою формою мікронерівностей; за допомогою методів ударної дії можна досягнути великого ступеня зміцнення, що характеризується підвищенням мікротвердості, значеннями стискаючих залишкових напружень і товщиною зміцненого шару.

Обробка ППД, застосована як остаточна операція, при холодному процесі (калібрування ударом, обкатування, обдування дробом, гідроабразивне наклепування і т. д.) створює під поверхнею пластично деформований, зміцнений шар із значними внутрішніми стискаючими напруженнями. Глибина зміцненого шару залежно від властивостей матеріалу, розмірів і форми деталей, методів обробки може коливатися від 0,02 – 0,03 мм до 20 – 25 мм. Стискаючі внутрішні напруження зростають із тривалістю обробки (при обкатуванні або обдуванні) і досягають певної межі, пов'язаної з властивостями оброблюваного матеріалу.

Одним з актуальних шляхів підвищення ефективності механічної обробки сталейних деталей, що працюють на контактну міцність, є широке використання у всіх галузях металообробної промисловості маловідходних технологій, заснованих на обробці металів ППД. Одним із таких видів, що зарекомендував себе як ефективний і в той же час простий та дешевий, є обкатування роликками.

Обкатування роликками застосовується для підвищення втомлюваної міцності (дослідження І. В. Кудрявцева), зносостійкості поверхонь, що

туться (роботи Д. Д. Папшева, В. М. Браславського, Б. І. Бутакова й ін.), контактної міцності, жорсткості та поліпшення фізико-механічних, в т. ч. шорсткості, інших експлуатаційних властивостей деталей машин. Дослідженням якості оброблюваної поверхні, а також питанням конструкції інструменту і технології обробки даними методами присвячені роботи П. Г. Алексєєва, М. А. Балтер, В. А. Бєлова, В. М. Браславського, Б. І. Бутакова, Є. Г. Коновалова, І. В. Кудрявцева, А. А. Маталіна, Д. Д. Папшева, Ю. Г. Проскуракова, Е. В. Риждова, Ю. Г. Шнейдера, Д. Л. Юдіна, Ю. І. Бабєя, Л. М. Школьника, М. В. Азаревича, Г. М. Огневеца та ін.

Для обробки поверхні застосовуються різні схеми процесу й є багато різноманітних конструкцій інструментів та деформуючих елементів [7 – 10]. Відомо багато якісних залежностей між умовами і результатами обкатування, причому деякі з них мають спадковий характер. Разом з тим область застосування ППД розширюється, створюються нові різновиди цього прогресивного методу.

Дослідженнями встановлено, що процес зміцнення обмежений певним максимально можливим для даного металу ступенем деформації, перевищення якої призводить до перенаклепування і руйнування поверхневого шару деталі. Для вуглецевих сталей і сталей перлітового класу це руйнування настає при ступенях деформації 40 – 45 %, а для сталей аустенітного класу – при 60 – 70 %.

Як наголошувалося вище, при зміцненні в поверхневому шарі створюються стискуючі напруження, а в нижньому шарі – розтягуючі. Проте, внаслідок малої товщини зовнішнього стиснутого шару і взаємної врівноваженості внутрішніх сил стискуючі напруження значно більші за абсолютною величиною і ніби перебивають шкідливий вплив розтягуючих напружень.

Установлено, що між глибиною залягання залишкових стискуючих напружень і їх величиною є певна залежність. Чим більше абсолютне

значення напружень тим менша глибина їх залягання, тобто тим більший градієнт напружень.

Зміцнення наклепуванням найчастіше застосовують після шліфування до $R_a = 0,63 - 2,5$ мкм, рідше – після чистового точіння і розточування до $R_z = 10 - 20$ мкм. Зміна діаметра після обкатування становить 1 – 2 мкм, і лише в деяких випадках залишкова деформація досягає 5 мкм. Такі зміни розмірів звичайно укладаються в допуск на виготовлення деталей, тому їх можна не враховувати. Отже, точність геометричної форми і розмірів деталей має забезпечуватися на попередній операції.

Особливе значення при утомленості має стан поверхневих шарів виробу. За допомогою обкатування роликami поверхні завжди можна добитися підвищення втомлюваної контактної міцності. Саме обкатування роликami не тільки призводить до зміцнення поверхні, а і створює в поверхневому шарі залишкові стискуючі напруження. В цьому разі одночасно збільшується опір зародженню і поширенню втомлюваних тріщин; зміцнення утруднює розвиток ковзання, а стискуючі напруження перешкоджають розкриттю поверхневих тріщин, ослаблюючи вплив розтягуючої компоненти циклу. Таким чином, підвищується контактна міцність сталевих деталей і, отже, вузлів і машини в цілому [11, 12].

ЛІТЕРАТУРА

1. Пинегин С. В. Контактная прочность в машинах / С. В. Пинегин — М. : Машиностроение, 1965. — 192 с.
2. Левина З. М. Контактная жесткость машин / З. М. Левина, Д. Н. Решетов. — М. : Машиностроение, 1971. — 264 с.
3. Олейник Н. В. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин / Н. В. Олейник, В. П. Кычин, А. Л. Луговской. — К. : Техника, 1984. — 152 с.

4. Повышение долговечности деталей машин методом поверхностного наклепа / И. В. Кудрявцев, В. М. Андреев, Н. М. Саввина [и др.] // ЦНИИТМАШ. — М. : Машиностроение, 1987. — Кн. 108. — 211 с.
5. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов / Я. Б. Фридман. — М. : Оборонгиз, 1982. — 556 с.
6. Todolnik B. Zagadnienie nagniatania stali LH15 po obrobce cieplnej / B. Todolnik // Materialy Zebrania Naukowego Sekcji Podstaw Technologii KBM PAN. — Krakow; ISO, 1986.
7. Коновалов Е. Г. Чистовая и упрочняющая обработка поверхностей / Е. Г. Коновалов, В. А. Сидоренко. — Минск : Высшая школа, 1968. — 364 с.
8. Папшев Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхности пластическим деформированием / Д. Д. Папшев. — М. : Машиностроение, 1978. — 152 с.
9. Проскуряков Ю. Г. Технология упрочняюще-калибрующей и формообразующей обработки металлов / Ю. Г. Проскуряков. — М. : Машиностроение, 1971. — 208 с.
10. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства / Ю. Г. Шнейдер. — Л. : Машиностроение, 1972. — 240 с.
11. Бутаков Б. И. Обкатывание роликами как метод повышения качества деталей машин / Б. И. Бутаков, Д. Д. Марченко, А. В. Зубехина // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : зб. — Кіровоград, 2010. — Вип. 40, ч. 1. — С. 287—295.
12. Поверхностное пластическое деформирование как метод повышения качества деталей машин / Б. И. Бутаков, В. С. Шибанин, Д. Д. Марченко [и др.] // Труды ГОСНИТИ. — М. : ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2011. — Т. 107, ч. 2. — С. 85—87.