ПРИЛАДИ. РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.923

О.А. Гавриш, к.т.н., с.н.с.
Державне підприємство "Науково-технічний центр артилерійсько-стрілецького озброєння України"

ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛУ ПРИ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗМІЦНЮЮЧІЙ ОБРОБЦІ СТАЛЕВИМИ ЩІТКАМИ

Розглянуто питання впливу технологічних параметрів термомеханічної обробки сталевими щітками на величину залишкових напружень у поверхневих шарах деталей.

У машинобудівних галузях промисловості широкого розповсюдження набула поверхнева оздоблювано-зміцнююча обробка (ПОЗО) методами термомеханічного оброблення (ТМО).

На жаль, незважаючи на значну кількість публікацій з питань ПОЗО ТМО [1–5], дослідженнями залишкових напружень у поверхневих шарах металу при обробленні майже ніхто не займався. Більшість досліджень присвячено питанням утворення відповідних параметрів наклепу і шорсткості поверхонь. Це обумовило появу у виробництві різних за характеристиками процесів ПОЗО, які здебільшого є далеко не оптимальними і найчастіше призначені для забезпечення окремих, хоча нерідко і складних, інженерно-технічних завдань.

Тому всебічне дослідження залишкових напружень поверхневих шарів металу при ПОЗО дисковими сталевими щітками є актуальним питанням, вирішення якого має не тільки наукове, але, що не менш важливо, – і практичне значення.

Саме цьому присвячена дана стаття, метою якої є вивчення показників залишкових напружень у поверхневих шарах оброблюваної деталі.

Дослідження цього питання виконувалось у рамках науково-дослідної роботи "Розробка технології і обладнання для об'ємного зміцнення виробів методом термомеханічної обробки" (Державні науково-технічні програми 05.43, 04.04 ДКНТ та Міннауки України за 1994–97 рр.).

Згідно з сучасним уявленням про формування залишкових напружень у поверхневому шарі деталей при оздоблювальній обробці взаємодіє два протилежних фактори – силовий і тепловий впливи інструмента на виріб.

Пластична деформація від нормальних сил різання призводить до зміцнення поверхневого шару і появи стискуючих напружень, а високі температури у зоні різання викликають локальні термопластичні деформації і, відповідно, – появу залишкових напружень розтягу.

Залишкові напруження, що виникають при очисно-зміцнюючій обробці деталей, суттєво впливають на глибину залягання наклепу, а отже і на параметри зціплюваності поверхні з нанесеним на неї лакофарбовим покриттям.

Тому вивчення залишкових напружень і на їх основі аналізу – оптимізації режимів обробки поверхонь деталей мають, крім суто наукового, практичне значення і для інженерної практики.

Розрахунок рівня залишкових напружень виконувався згідно з методикою, наведеною у роботі [6]. При цьому значення силових і температурних параметрів обробки (P_z, P_y, P_x, T) стосовно конкретних режимів обробки встановлювались із сукупності експериментальних значень, отриманих раніше авторами при вивченні закономірностей утворення наклепу матеріалів [7–10].

Дослідження залишкових напружень при тонкій очищувально-зміцнюючій обробці сталей показало, що при обробці дисковими сталевими щітками з діаметром ворсу 0,010 мм спостерігається зниження температур до 100–200 °С і домінуюче значення має силова дія інструмента. В результаті у поверхневому шарі металу повинні формуватися залишкові напруження стиску. Наведені нижче дослідження залишкових напружень підтвердили вищенаведене.

На рис. 1 представлено розподіл залишкових напружень по глибині поверхневого шару. Глибина залягання максимальних напружень розтягу не перевищує 5–8 мкм.

При термомеханічній обробці щітками з діаметром сталевого ворсу 0,10 мм дія теплового фактору зменшується (наприклад, у порівнянні зі щіткою з діаметром сталевого ворсу 0,010 мм) і глибина залягання напружень розтягу знижується з 35–40 до ~ 20 мкм.

 © О.А. Гавриш, 2003

У цілому при зменшенні діаметра сталевого ворсу в дискових щітках в поверхневому шарі деталей зі сталі 40Х, а також зі сталей 38ХН3МФА і 42ХЗН3СМФРУ утворюються значні за величиною стискуючі напруження, глибина залягання яких сягає позначок 40–45 мкм, тобто силовий фактор стає превалюючим.

Орієнтовний розрахунок залишкових напружень у поверхневому шарі сталі 38ХН3МФА при обробці дисковою сталевою щіткою з ворсою ∅ 0,10 мм (Т = 600 °С) показав, що максимальне значення напружень розтягу складає 253 МПа, тобто порядок величин напружень розтягу, отриманих експериментально (200 МПа) і розрахунками (250 МПа), майже однакові.

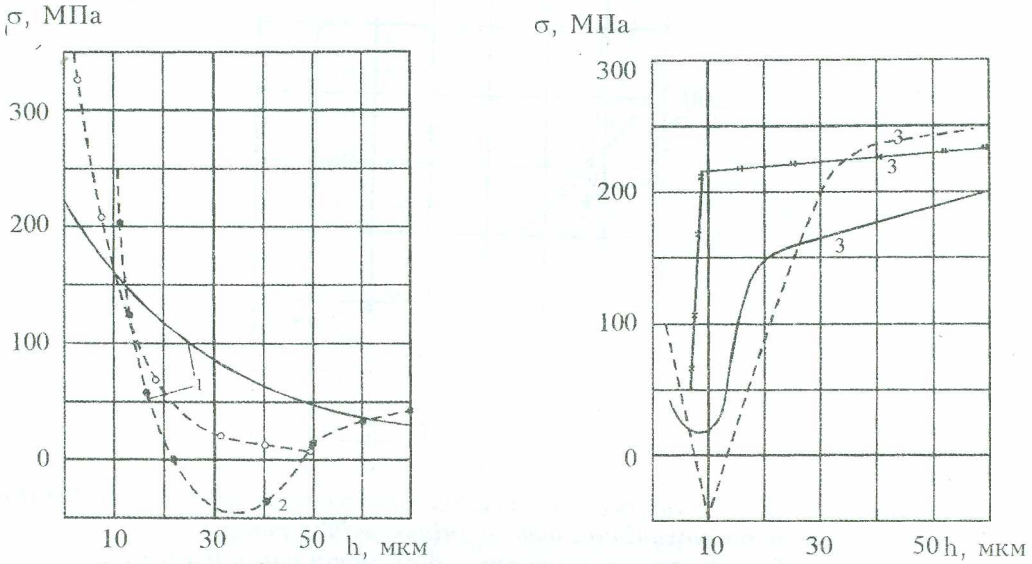

Рис. 1. Розподіл залишкових напружень по глибині поверхневого шару:
1 – дискова сталева щітка з діаметром ворсу 0,10 мм;
2 – дискова сталева щітка з діаметром ворсу 0,05 мм;
3 – дискова сталева щітка з діаметром ворсу 0,010 мм,
(- - -) – сталь 40Х;
(———) – сталь 38ХН3МФА;
(xxx) – розрахункові дані

У процесі очищуючо-зміцнюючої обробки дисковою сталевою щіткою з діаметром ворсу 0,01 мм дія теплового фактору зменшується, і глибина залягання напружень розтягу знижується з 35–40 до 30 мкм. При зменшенні діаметра сталевого ворсу до 0,010 мм у поверхневому шарі утворюються напруження стиску, глибина залягання яких сягає ~ 10 мкм, тобто силовий фактор стає превалюючим.

При обробці щітками з діаметром ворсу 0,010 мм значення питомного навантаження на ворс $P_{уз}$ знижується, при цьому робота пластичної деформації одиничного ворсу зменшується, і знижується величина залишкових напружень стиску (на 25–35 %) і глибини їх залягання (у 2–4 рази) порівняно з їх значеннями, отриманими при обробці щітками з більшим діаметром сталевого ворсу. Таким чином, мінімальна величина і глибина залягання залишкових напружень стиску можуть бути забезпечені застосуванням щіток з меншим діаметром сталевого ворсу.

Глибина залягання максимальних значень напружень стиску і їх величина, отримані шляхом розрахунків [11, 12], добре узгоджуються з експериментальними даними.

Дослідження залишкових напружень при тонкій очищувально-зміцнюючій обробці деталей з використанням термомеханічної дії показало, що глибина залягання максимальних значень напружень розтягу не перевищує 5–8 мкм.

Це можна визначити за графікою, наведеним на рис. 2.

При подальшому зменшенні діаметра ворсу (при зберіганні швидкостей обробки у межах 25–30 м/с) значення складової сили різання P_y зменшується, при цьому робота пластичної деформації одиничного сталевого ворсу зменшується, і знижується величина залишкових напружень стиску. Застосування оздоблювальних сталевих щіток, до складу яких входять гнучкі робочі елементи [13], сприяє вирівнюванню значень товщини одиничного зрізу a_z і

також обумовлює зменшення значень максимальних залишкових напружень стиску (~ на 25–30 %) і глибини їх залягання у порівнянні з їх значеннями, отриманими при обробці тих самих матеріалів щітками з жорсткими робочими елементами.

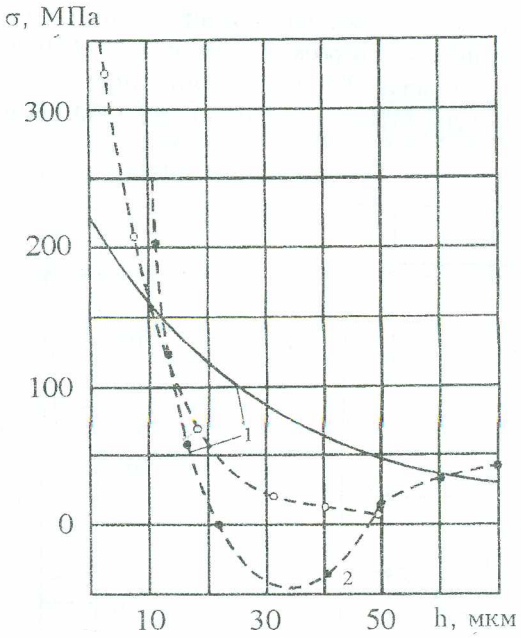

Рис. 2. Розподіл залишкових напружень по глибині поверхневого шару сталі 38ХН3МФА при термомеханічній очисно-зміцнюючій обробці:
1 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,10 мм;
2 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,05 мм;
3 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,010 мм

Розподіл залишкових напружень при термомеханічній очищувально-зміцнюючій обробці сталевими дисковими щітками з гнучкими робочими елементами показано на рис. 3. Для порівняння наведені залишкові напруження у поверхневому шарі після очистки сталевими щітками з жорсткими робочими елементами і діаметром ворсу ~ 0,10 мм.

Аналіз експериментів показує, що максимальна величина і глибина залягання напружень стиску приблизно дорівнюють їх значенням при термомеханічній очищувально-зміцнюючій обробці сталевими щітками з діаметром ворсу ~ 0,10 мм.

Зменшення діаметру сталевого ворсу щіток дещо зменшує глибину залягання залишкових напружень стиску.

Узагальнення експериментів за залишковим напруженням дозволяє зробити висновок, що операція очистки поверхонь деталей є зміцнюючою операцією, а її впровадження для обробки виробів з різних марок легованих сталей виправдано з точки зору забезпечення необхідних рівнів коефіцієнта зщеплення зачищеної поверхні з шаром лакофарбового покриття, що наноситься на оброблену поверхню на фінішних операціях технологічного процесу виготовлення виробів. Щодо підвищення коефіцієнта зщеплення бажано використовувати методи оброблення, які забезпечують отримання мінімальної шорсткості поверхні при наявності у поверхневому шарі залишкових напружень стиску. Це може бути виконано при використанні термомеханічної очищувально-зміцнюючої обробки поверхонь сталевими дисковими щітками гнучких робочих елементів.

Висновки

1. З метою забезпечення вимог шорсткості поверхні та значень залишкових напружень очищувально-зміцнюючу обробку поверхонь деталей слід виконувати дисковими сталевими щітками з використанням термомеханічного ефекту.

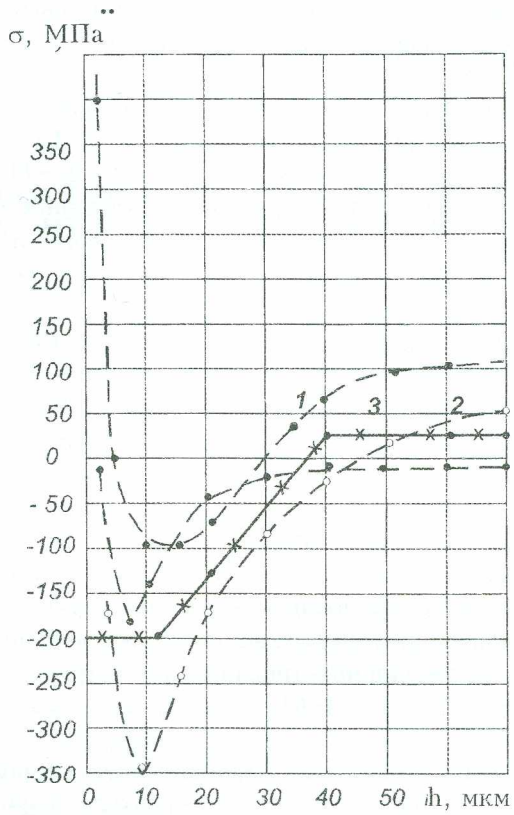

Рис. 3. Розподіл залишкових напружень по глибині поверхневого шару після термомеханічної обробки сталі 38ХН3МФА:
1 – обробка сталевими щітками з жорсткими робочими елементами з діаметром ворсу 0,010 мм;
2 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,05 мм;
3 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,10 мм;
ххх – розрахункові значення.

2. Підвищення якості обробки поверхонь деталей під нанесення лакофарбових покриттів може бути досягнуто при використанні сталевих щіток з невеликим діаметром ворсу (~ 0,01–0,10 мм).

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Пуховский Е.С., Гавриш А.П., Грищенко Е.Ю.* Обработка высокопрочных материалов. К.: Техніка, 1983. – 134 с.
2. *Кравченко В.Н., Литвиняк Я.Н., Перепичка Б.В.* Исследование процесса обработки поверхностей вращающимися металлическими щетками / Оптимизация производственных процессов и технический контроль в машиностроении // Вестник Львовского политехн. ин-та. – 1983 – 43 с.
3. *Кургузов Ю.И., Папшев Д.Д.* Технологическое обеспечение качества поверхности при упрочнении механическими щетками // Вестник машиностроения. – № 4. – 1986. – С. 54–56.
4. *Папшев Д.Д.* Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1978. – 152 с.
5. *Суслов А.Г.* Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. – М.: Машиностроение, 1987. – 207 с.
6. Передовая технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин / Под ред. проф. А.А. Маталина. – Л.: Машиностроение, 1970. – С. 42–53.

7. *Гавриш А.П., Солдатенко Л.А., Гавриш О.А.* Тепловые явления при абразивной обработке магнитных головок // Вестник киевского политехнического института / Машиностроение. – 1998. – № 33. – С. 54–65.
8. *Гавриш А.П., Парфенов А.К., Кремнев Г.П.* Финишная обработка магнитных головок абразивными и алмазными инструментами // Технология и автоматизация машиностроения. – Вып. 8. – К.: Техника, 1991. – С. 27–29.
9. *Гавриш А.П.* Качество поверхности при тонком алмазном и абразивном шлифовании магнитно-мягких сплавов // Упрочняюще-калибрующие и формообразующие методы обработки деталей. – Ростов-на-Дону: Издательство областного правления НТО Машпром, 1991. – С. 42–48.
10. *Гавриш А.П., Солдатенко Л.А.* Особенности процесса тонкого шлифования магнитно-мягких материалов алмазными и эльборовыми кругами // Mechanics'98: Prazy Naukovi Conferencija. – Warschawa-Rzeszow, Poland, 1998. – V. 1.1. – P. 227–232.
11. *Ассур Е.Л., Давиденков Н.Н., Терминасов Ю.С.* Остаточные напряжения при простом растяжении // Экспериментальная техническая физика, 1979. – Т. XIX. – Вып. 10. – С. 12–21.
12. *Давиденков Н.Н.* Изучение пластической деформации посредством рентгеноанализа // Журнал технической физики. 1974. – Т. XIV. – Вып. 9. – С. 9–19.
13. *Гавриш О.А.* Експериментальне дослідження впливу технологічних параметрів процесу на шорсткість поверхні при термомеханічному обробленні сталевими щітками // Прогрессивные технологии машиностроения: Науч. труды Донецкого госуд. техн. ун-та. – Донецк, 2003. – № 1. – С. 51–61.

ГАВРИШ Олег Анатолійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного і проектно-конструкторського бюро державного підприємства "Науково-технічний центр артилерійсько-стрілецького озброєння".

Наукові інтереси:

– фінішні процеси обробки деталей у машинобудуванні.

Подано 10.10.2003