

УДК 621.923.04+621.91.04

П.А. Линчевский, д-р техн. наук, проф.,
С.В. Новожилов, магистр,
М.Б. Кудряков, магистр,
Одес. нац. политехн. ун-т

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ И ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА БАУШИНГЕРА

П.А. Линчевський, С.В. Новожилов, М.Б. Кудряков. Удосконалювання технології обробки металів різанням і пластичним деформуванням з урахуванням використання ефекту Баушингера. Показано нові можливості використання ефекту Баушингера в технології машинобудування при виконанні ряду технологічних операцій.

П.А. Линчевский, С.В. Новожилов, М.Б. Кудряков. Совершенствование технологии обработки металлов резанием и пластическим деформированием с учетом использования эффекта Баушингера. Показаны новые возможности использования эффекта Баушингера в технологии машиностроения при выполнении ряда технологических операций.

P.A. Linchevskiy, S.V. Novozhilov, M.B. Kudryakov. Improvement of machining and plastic deformation technology with regard for using Baushinger's effect. New possibilities for applying the Baushinger effect in manufacturing engineering, while implementing some technological operations, are shown.

Эффект Баушингера известен более 100 лет [1]. Он заключается в уменьшении сопротивления материала малым пластическим деформациям после предварительной пластической деформации противоположного знака. Возникающие при первичной деформации дислокации обуславливают появление в металле остаточных напряжений, которые, складываясь с рабочими напряжениями при перемене знака нагрузки, вызывают снижение предела пропорциональности, упругости и текучести металла. С увеличением начальных пластических деформаций величина снижения механических характеристик увеличивается. На разных материалах эффект проявляется в разной степени. Наиболее значительно эффект Баушингера проявляется на сталях. Указанный эффект имеет большое значение и применяется в основном при изучении вопросов усталостной прочности материалов при знакопеременных нагрузках. Поэтому поставлена цель показать новые возможности применения эффекта Баушингера в технологии машиностроения при выполнении ряда операций при обработке деталей резанием и поверхностным пластическим деформированием.

С технологической точки зрения следует рассматривать такие новые задачи, решаемые на основе эффекта Баушингера, как:

— повышение точности обработки за счет снижения усилий резания и соответствующих им деформаций технологической системы при изменении направления резания на окончательных операциях или переходах;

— повышение степени упрочнения (наклепа) поверхностного слоя детали на операциях пластического деформирования (обкатывание поверхности, раскатывание, алмазное выглаживание и др.) в направлении, противоположном резанию на предшествующих операциях;

— снижение энергозатрат на финишных операциях резания и пластического деформирования металла поверхностного слоя деталей.

Первая задача может быть решена простым изменением, например, при токарной обработке, направления вращения детали и установкой чистового резца с поворотом на 180° по сравнению с черновым резцом (рис. 1).

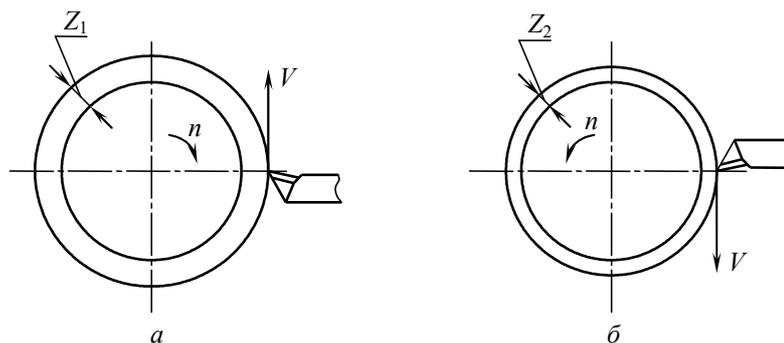


Рис. 1. Изменение направления резания после черновой (а) и при чистовой (б) обработке

Так как при чистовой (окончательной) обработке снимается малый припуск Z_2 (0,1...0,2 мм), то в этом тонком слое металла будут явно выражены пластические деформации от предшествующей обработки и гарантировано проявление эффекта Баушингера, т.е. снижение усилий резания и упругих отжатий технологической системы, а, следовательно, повышение точности обработки.

Уменьшение сопротивления материала малым пластическим деформациям после предварительной пластической деформации противоположного знака может достигать 30...40% у высокоотпущенных сталей [2]. Поэтому вторая технологическая задача повышения степени упрочнения (наклепа) поверхностного слоя детали решается простым изменением направления вектора усилия обработки на двух последних операциях технологического процесса. Максимальный эффект должен быть получен при построении технологии обработки, включающей предварительные операции лезвийной обработки и окончательные операции деформационного упрочнения обработанной поверхности [3]. При этом, не изменяя настройку величины нормальной составляющей усилия деформации, можно получить только за счет изменения направления обработки значительно более высокий упрочняющий эффект (степень и градиент наклепа).

Третья задача снижения энергозатрат на обработку при использовании эффекта Баушингера решается автоматически, т.к. при снижении сопротивляемости материала разрушению при резании или деформированию при упрочняющей обработке достигается уменьшение эффективной мощности процесса обработки.

Экспериментальная проверка возможностей применения описанного эффекта в технологии машиностроения производилась на операциях раскатывания поверхности отверстий шариком и алмазного выглаживания, выполняемых после операции тонкого растачивания отверстий. При этом направление вектора скорости обработки при пластическом деформировании поверхности в половине экспериментов совпадало с направлением вектора скорости резания в процессе тонкого растачивания, а в других экспериментах это направление было противоположным.

При раскатывании или выглаживании поверхности в направлении, противоположном направлению растачивания, пластическая деформация металла поверхностного слоя также изменяет свое направление, что создает условия для проявления действия эффекта Баушингера (рис. 2).

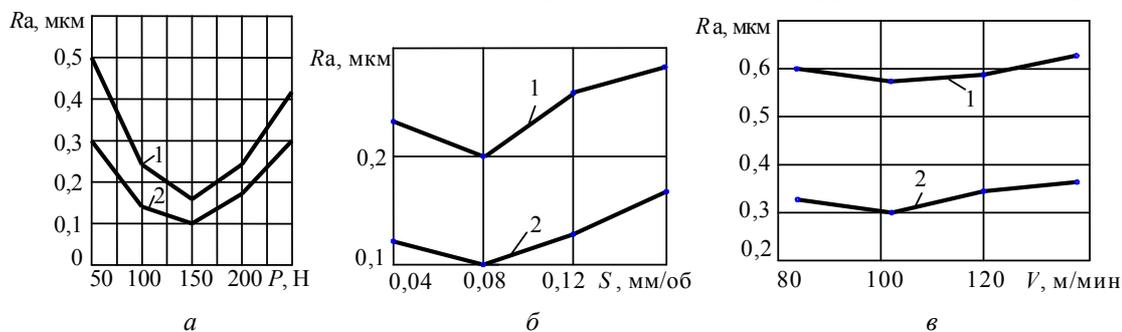


Рис. 2. Влияние режимов тонкого пластического деформирования на шероховатость поверхности

На графиках показано влияние следующих параметров на шероховатость поверхности:

a — усилия; b — подачи; c — скорости; 1 — обработка в направлении резания; 2 — обработка в направлении, противоположном резанию; материал СЧ 20; на графиках a, b — $V = 100$ м/мин; на графиках a, c — $S = 0,08$ мм/об; на графиках b, c — $P = 147$ Н; на всех графиках — $R_{сф} = 3$ мм.

Анализ и сопоставление графиков показывает, что при пластическом деформировании поверхностных слоев металла в направлении, противоположном направлению резания, необходимое усилие деформирования и достигаемая шероховатость поверхности снижаются почти в два раза. При этом несколько снижаются овальность и конусность отверстий. К тому же раскатанная или выглаженная поверхность представляет собой однородный рельеф, на котором не видно ни следов обработки, ни границ растекшегося гребешка неровностей, нет вмятин и других дефектов, имеющих место при деформировании поверхности в направлении резания.

Степень наклепа металла поверхностного слоя при обработке этими методами значительно выше, чем при тонком растачивании (см. таблицу).

Степень наклепа поверхностного слоя при разных методах обработки

Метод обработки	Тонкое растачивание	Раскатывание в направлении резания	Раскатывание в направлении противоположном направлению резания	Выглаживание в направлении резания	Выглаживание в направлении противоположном направлению резания
Степень наклепа %	18	18,7	20,6	43,0	50,1

При алмазном выглаживании как в направлении резания, так и в направлении, противоположном резанию, увеличение микротвердости металла поверхностного слоя в 2,5 раза выше по сравнению с операцией раскатывания. Это различие возникает в результате сдвиговой деформации, имеющей место при алмазном выглаживании. Поверхностные слои при этом упрочнены больше, чем от “раскатывающего” действия шара.

Упрочнение металла поверхностного слоя, уменьшение шероховатости и создание однородной поверхности без местных повреждений, характерных для тонкого пластического деформирования в направлении, противоположном направлению резания, способствует повышению эксплуатационных качеств изделий и, в частности, повышению их износостойкости (рис. 3, кривые 3, 4).

Режим испытания: скорость трения — 120 м/мин; нормальная составляющая усилия деформирования — 100 Н; капельная смазка маслом Индустриальное-20; определение износа взвешиванием.

Проведенные исследования подтверждают перспективность использования эффекта Баушингера при решении технологических задач, связанных с повышением точности обработки и степени деформационного упрочнения обработанных поверхностей.

Литература

1. Бернштейн, М.Л. Механические свойства металлов / М.Л. Бернштейн. — М.: Машиностроение, 1979. — 500 с.

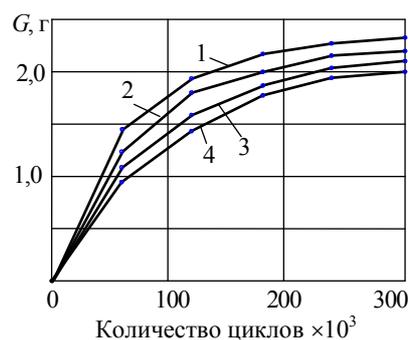


Рис. 3. Кривые износа образцов из чугуна СЧ 20 при различных направлениях вращения деформирующего элемента: 1, 2 — раскатывание и алмазное выглаживание в направлении резания; 3, 4 — раскатывание и алмазное выглаживание в направлении, противоположном резанию

2. Фридман, Я.Б. Механические свойства металлов / Я.Б. Фридман. — изд. 3-е, перераб. и доп. — В 2 ч. Ч. 1. Деформация и разрушение. — М.: Машиностроение, 1974. — 472 с.
3. Линчевский, П.А. Расширение технологических возможностей отделочно-расточных станков совмещением операций / П.А. Линчевский, А.А. Ильященко // Металлорежущие станки: Респ. межвед. науч. -техн. сб. — К.: Техника, 1992. — Вып. 20. — С. 62 — 65.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Тонконогий В.М.

Поступила в редакцию 2 апреля 2008 г.