

УДК 621.923

Т.С. Скобло, проф., д-р техн. наук, Р.В. Ридный, доц., канд. техн. наук
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. Петра Василенка

Формирование упрочняющих белых слоёв на поверхности покрытия в процессе специальной механической обработки

Исследована возможность формирования упрочняющих белых слоёв на поверхности покрытия в процессе специальной механической обработки резцами из ПСТМ с большими отрицательными значениями переднего угла. Установлено, что точение резцами с такими значениями переднего угла создает в зоне обработки уровень температур и удельных давлений, который приводит к формированию в зоне слаботравящихся закаленных структур типа белых шаров.

покрытия, микротвёрдость, упрочняющая механическая обработка, режимы резания, отрицательный передний угол, упрочнённый слой

Обзор информационных материалов [1, 2], по деформационному упрочнению поверхностных слоёв показал, что одним из простых и экономичных методов является упрочняющая механическая обработка. При силовом точении наряду с режимами резания первостепенную роль играет величина отрицательного переднего угла резца. Также параметры обработки создают в зоне резания температурно-силовые условия, обеспечивающие локальные фазовые превращения, обуславливающие появление поверхностных упрочнённых белых слоёв.

Целью исследований являлась оптимизация значений переднего угла резца [3] и режимов упрочняющей механической обработки покрытий. Значения переднего угла γ исследовали на однофакторных, а режимы упрочняющей механической обработки: скорость резания V (м/с), подача S (мм/об) и глубина резания t (мм) – на многофакторных моделях. В качестве критериев оптимизации принимали уровень микротвёрдость Н-50 и толщину упрочнённого слоя h (мкм).

Опыты проводили на круглых образцах из стали 40Х с покрытием нанесенным методом электродуговой наплавки под слоем флюса АН-348А наплавочной проволокой Нп-30ХГСА.

Упрочняющую механическую обработку выполняли резцами из поликристаллического сверхтвёрдого материала (ПСТМ) на основе нитрида бора типа киборит (К11) с геометрическими параметрами: $\alpha = 6^{\circ}$; $\alpha_1 = 6^{\circ}$; $\varphi = 40^{\circ}$; $\varphi_1 = 15^{\circ}$. Значение переднего угла γ изменяли в пределах от -10° до -60° через 10° . Режимы обработки при этом были следующими: скорость резания $V = 1,2$ м/с; подача $S = 0,20$ мм/об; глубина резания $t = 0,35$ мм. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал что, наибольшие значения упрочнения поверхностного слоя были достигнуты при точении резцом с передними углами равными -40° - -50° . При этом микротвёрдость в поверхностном слое достигала Н-50 – 518-542, что в 1,8 – 2,1 раза выше, чем микротвёрдость исходного наплавленного металла. Оптимизацию режимов упрочняющей обработки

проводили с использованием метода математического планирования эксперимента. Для создания математической модели был выбран рототабельный план второго порядка [4].

Таблица 1 – Влияние переднего угла на величину упрочнения покрытия

№ опыта	Значение переднего угла, γ^0	Микротвёрдость Н-50 ^{*)}	Толщина слоя h, мкм
1	-10	312 – 335	0
2	-20	397 – 426	15 – 22
3	-30	478 – 493	32 – 38
4	-40	570 – 592	47 – 54
5	-50	534 – 548	35 – 41
6	-60	490 – 519	20 – 25

^{*)} Примечание: исходная микротвёрдость Н-50-310 – 322

В результате проведенных расчётов были получены следующие уравнения регрессии:

$$H-50 = 380,5 + 15,66X_1 + 19,36X_2 + 59,94X_3 - 11,25 X_1 X_2 + 1,5 X_1 X_3 - 12,5 X_2 X_3 + 7,01X_1^2 + 35,47X_2^2 + 28,58X_3^2, \quad (1)$$

$$h = 17,56 + 1,82X_1 + 2,64X_2 + 3,44X_3 - 1,25 X_1 X_2 - 1,5 X_1 X_3 - 1,25 X_2 X_3 - 1,33X_1^2 + 2,57X_2^2 + 2,92X_3^2, \quad (2)$$

где X_1 – скорость обработки;

X_2 – величина подачи;

X_3 – глубина резания.

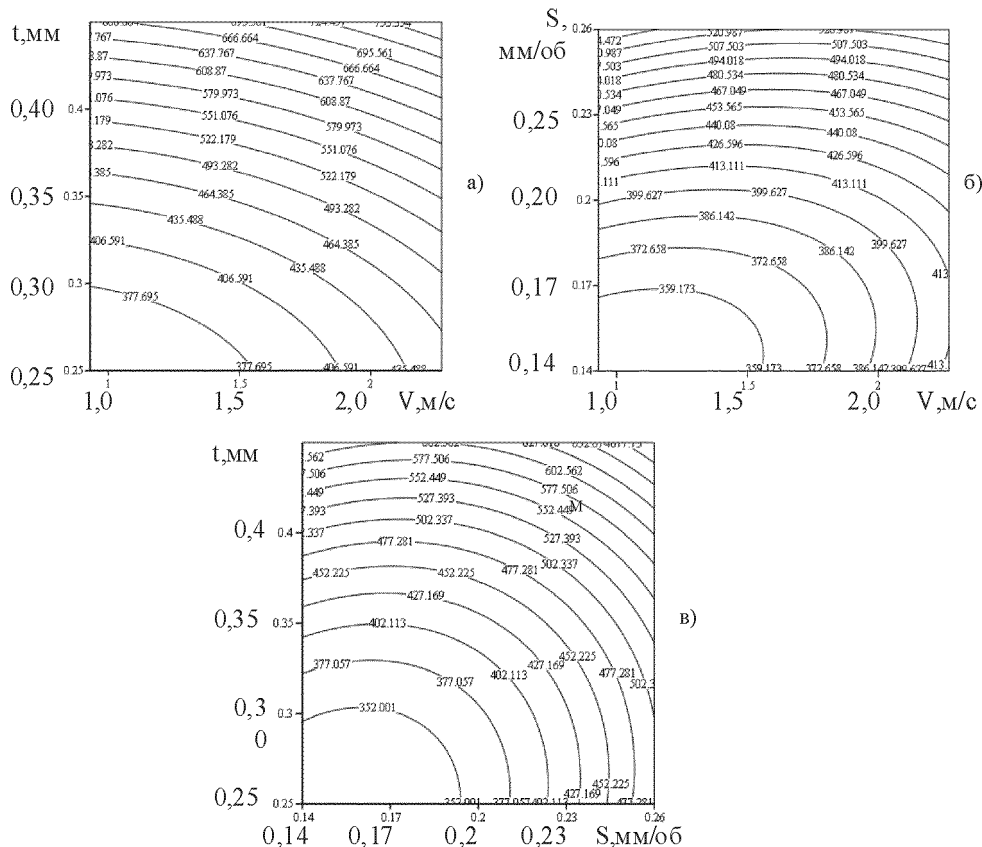


Рисунок 1 – Влияние параметров обработки на уровень микротвёрдости: а) - скорости и глубины резания при $S = 0,26$ мм/об; б) - скорости и подачи при $t = 0,25$ мм; в) - подачи и глубины резания при $V = 1,6$ м/с

В случае, когда фиксировали величину подачи (рис. 1,а), изучали совместное влияние скорости резания V и глубины резания t на уровень изменения микротвердости. Поверхность отклика имеет вид эллиптического параболоида с удлинённой осью, ориентированной в направлении изменения скорости, что свидетельствует о меньшем влиянии на микротвёрдость скорости V по сравнению с глубиной резания t . Близкий к горизонтальному характер линий уровня свидетельствует о незначительном влиянии скорости и существенном влиянии глубины резания.

Рассматривая случай, когда фиксирована глубина резания (рис. 1,б), поверхность отклика подобна предыдущему случаю. Однако большая полуось эллиптических сечений имеет наклон к горизонтали, и незначительно смещена вверх по вертикали. Анализ линий сечения полученной поверхности свидетельствует о большем влиянии подачи на уровень микротвердости по сравнению со скоростью.

Результаты анализа взаимного влияния глубины резания и подачи на микротвердость при постоянной скорости приведены на рис. 1.в. Поверхность отклика также имеет вид эллиптического параболоида. В этом случае эллипсы линий уровня менее вытянуты, и большая полуось имеет наклон к оси абсцисс $<45^\circ$. Характер линий в области исследуемых факторов свидетельствует о практически одинаковом влиянии глубины резания и подачи на изменение уровня микротвёрдости поверхностного слоя.

Влияние режимов обработки на толщину упрочненного слоя (h) представлено на рис. 2. В случае, когда фиксировали величину подачи (S), анализировали совместное влияние на толщину упрочненного слоя (h) скорости (V) и глубины резания (t).

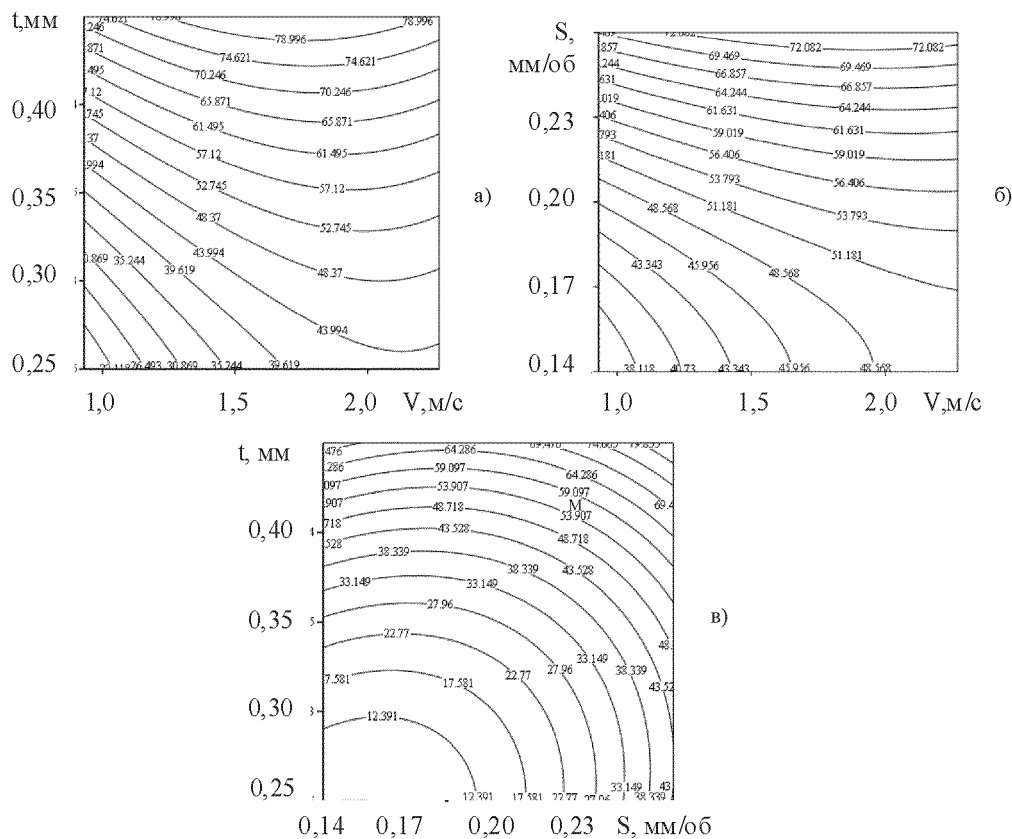


Рисунок 2 – Влияние параметров обработки на толщину упрочнённого слоя: а) - скорости и глубины резания при $S = 0,20$ мм/об; б) - скорости и подачи при $t = 0,25$ мм; в) - подачи и глубины резания при $V = 1,6$ м/с

Поверхность отклика (рис. 2,а) имеет вид параболического гиперboloида, что свидетельствует о сложном характере влияния этих параметров. Преимущественная ориентация линий сечения, в направлениях близких к горизонтальным, особенно при $V > 1,5$ м/с, свидетельствует о незначительном влиянии скорости обработки и более существенном влиянии глубины резания на толщину упрочнённого слоя.

Рассматривая случай, когда фиксировали глубину резания (t), анализировали совместное влияние подачи (S) и скорости резания (V) (рис. 2,б).

Характер поверхности отклика остаётся таким же, как и в ранее рассмотренном случае (рис. 2,а), однако кривые линий уровня, ориентированные в разных направлениях, в меньшей степени отличаются своей кривизной, и также свидетельствуют о большем влиянии подачи по сравнению со скоростью на формируемую толщину упрочнённого слоя. В области исследуемых факторов просматривается более существенное влияние подачи, что подтверждается кривыми рис. 2,в, на котором изучено взаимное влияние глубины резания и подачи на толщину слоя при фиксированной скорости резания.

Поверхность отклика имеет вид эллиптического параболоида с небольшим наклоном к горизонтальной оси большой полуоси эллиптического сечения. Такой характер линий уровня свидетельствует о имеющем место преобладании влияния глубины резания над величиной подачи на толщину формируемого упрочненного слоя.

Покрытие, нанесенное наплавочной проволокой Нп-30ХГСА имеет относительно невысокую микротвёрдость Н-50 – 310-322 и структуру троостита. Микроструктура упрочнённого поверхностного слоя приведена на рис. 3. Формируемый упрочненный слой отличается стабильностью по твёрдости и толщине. Кроме того, его микротвёрдость значительно выше, исходного металла покрытия и составляет Н-50 - 570 – 592.

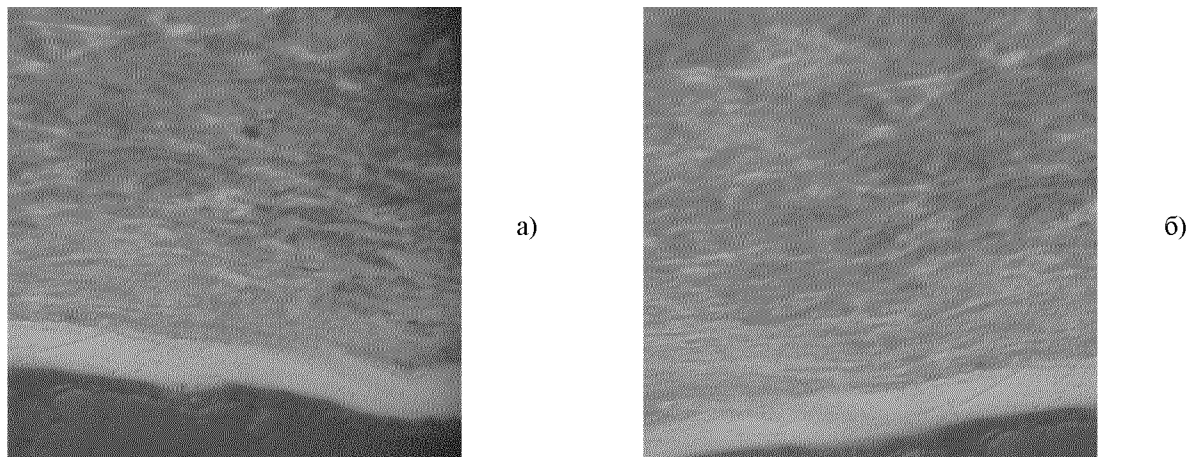


Рисунок 3 – Характерная микроструктура поверхностного слоя, формируемая при упрочняющей механической обработке резцом из ПСТМ типа киборит (К11) с режимами: а) – $V = 1,6$ м/с; $S = 0,20$ мм/об; $t = 0,40$ мм; $\gamma = -40^{\circ}$; б) – $V = 1,6$ м/с; $S = 0,26$ мм/об; $t = 0,35$ мм; $\gamma = -40^{\circ}$; $\times 500$

Исследования изменения микротвёрдости поверхностного слоя по глубине показали, что наиболее высокие значения характерны для глубины до 60 мкм (рис. 4).

Толщина упрочнённого слоя, при такой обработке невелика. Это объясняется невысоким содержанием углерода в покрытии. Повышение микротвёрдости поверхностного слоя по сравнению с более глубинными слоями покрытия объясняется упрочнением при температурно-силовом воздействии. Согласно данным [5] в таком процессе может иметь место и восходящая диффузия углерода. В этом случае

диффузия углерода объясняется градиентом напряжений, вызываемым объёмными изменениями при нагреве и охлаждении поверхностных слоёв и фазовыми превращениями. Это обеспечивает интенсивная пластическая деформация и нагрев.

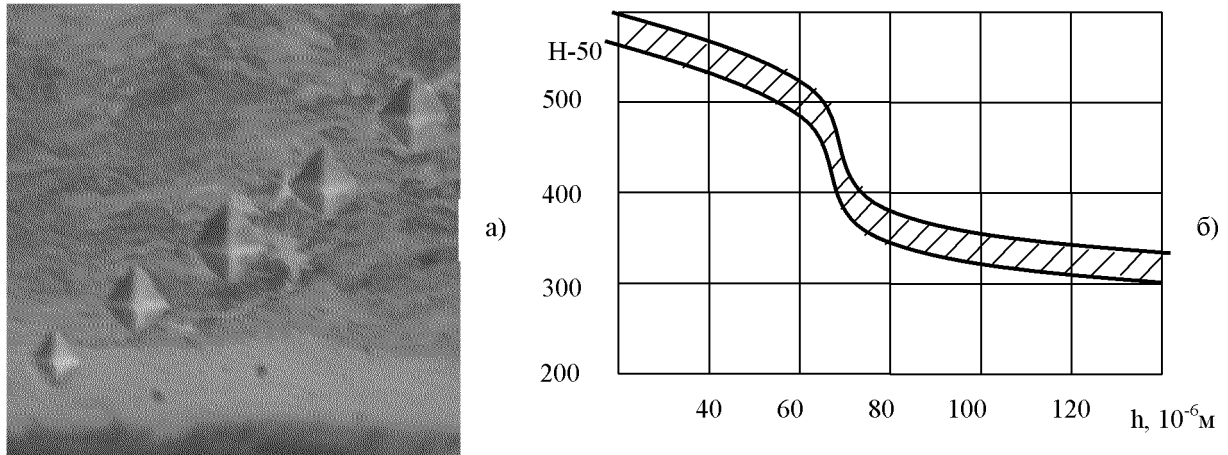


Рисунок 4 – Изменение микротвёрдости покрытия по глубине покрытия: а) $\times 800$

Установлено, что точение резцами с большими отрицательными значениями переднего угла создаёт в зоне обработки такой уровень температур и удельных давлений, который приводит к формированию в этой зоне слаботравящихся закалочных структур, так называемых белых слоёв. Формируемый деформационный бесструктурный мартенсит белого слоя имеет микротвёрдость в 1,8-2,1 раза выше, микротвёрдости покрытия. Такое повышение микротвёрдости обеспечит увеличение работоспособности восстановленных деталей, работающих в условиях жидкостного и полужидкостного трения.

Список литературы

1. Карпенко В.Г., Бабей Ю.И., Карпенко Н.В., Гутман Э.М. Упрочнение стали механической обработкой – Киев: Наукова думка, 1966. – 204 с.
2. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна – Киев: Наукова думка, 1988. – 240 с.
3. Влияние механической обработки на свойства поверхностного слоя наплавленных деталей / В.В. Коломиец, С.А. Клименко, Р.В. Ридный, Л.И. Путятин // «Физические и компьютерные технологии»: Труды 8-й международной научно-технической конференции. – Харьков., 2003. – С. 61 – 63.
4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях – К.: «Техніка», 1975. – 168 с.
5. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. – Київ: Наукова думка, 1994. – 176 с.

Т. Скобло, Р. Ридный

Формування зміцнюючих білих шарів на поверхні покриття в процесі спеціальної механічної обробки

Досліджено можливість формування зміцнених білих шарів на поверхні покриття в процесі спеціальної механічної обробки різцями із ПСТМ з великими від'ємними значеннями переднього кута. Встановлено, що точіння різцями з такими значеннями переднього кута створює в зоні обробки рівень температур і питомих тисків, який приводить до формування в зоні слаботравлячих гартованих структур типу білих шарів.

T. Skoblo, R. Ridnyy

Formation of hardening of white layers on the surface of the coating during special machining

An opportunity of strengthening by white layers formation on a covering surface during special machining with ПСТМ cutters with negative values of the front angle is investigated. It is found that a turning cutter with such values of the front angle creates in the treatment zone a temperature and specific pressure level, which results in the formation of feebly marked etching of the steeled structures in the zone.

Одержано 17.09.09