

Д.А.Котляр¹, канд.техн.наук, В.С.Антонюк², д-р техн.наук, Ю.А.Федоран³
1-Институт проблем материаловедения им.И.Н. Францевича; 2-Национальной академии наук Украины, г.Киев, Украина; 3-НТУ Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ВИДА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛИ ХВСГ

Приведені результати досліджень впливу виду механічної обробки і інструментального матеріалу на структурний стан поверхневого шару сталі ХВСГ при механічній обробці. Показані переваги токарної обробки різцями з гексаніту-Р порівняно з процесом шліфування. Обробка інструментом з гексаніту-Р в поверхневому шарі для α - і γ -фаз супроводжується тільки стискаючими залишковими напруженнями, в той час як абразивна обробка супроводжується виникненням розтягуючи напружень I-роду в α -фазі структури швидкісного відпуску

Results of machining kind influence researches and a tool material on a structural condition of surface steel layers of XBCG are resulted at machining. Advantage of turning processing by cutters from geksanit-R in comparison with grinding process is shown. Processing by geksanit-R tool in a surface layer for α - and γ - phases is accompanied only by compressing residual pressure while abrasive processing promotes occurrence of stretching pressure of an I-type in α - a phase of structure of high-speed admission.

Вступлення.

При механической обработке деталей машин определяющее влияние на формирование поверхностных слоев оказывает воздействие высоких температур и давлений в зоне резания. Происходящие при этом структурные изменения зависят от величины указанных факторов, а также от химического состава и исходной структуры материала. В отличие от обычной термообработки это происходит в процессе пластической деформации, вызванной высокими контактными давлениями, причем скорости нагрева и охлаждения поверхностных слоев металла составляют соответственно $10^5 - 10^6$ и $10^3 - 10^4$ град./сек. В случае высокопрочных конструкционных сталей в поверхностных слоях формируется две зоны структурного состояния: непосредственно у поверхности – зона вторичной закалки, металлографически проявляющаяся в виде слаботравящегося «белого» слоя, и прилегающая к ней зона повышенной травимости, соответствующая структуре скоростного высокотемпературного отпуска. Полный распад мартенсита исходной структуры и изменение содержания углерода в аустените, в соответствии с диаграммой состояния системы железо – углерод, свидетельствует о диффузионном механизме образования аустенита, который определяет глубину распространения, фазовый состав и микроструктуру этих зон [1-3]. Глубина распространения указанных зон структурных изменений в поверхностных слоях деталей при различных режимах механической обработки определяется различным сочетанием температуры и давления контактных пар. Температура нагрева поверхности определяет общую глубину, фазовый состав и микроструктуру. Роль давления заключается в создании более напряженной субмикроструктуры зоны скоростного высокотемпературного отпуска, увеличении количества остаточного аустенита в зоне вторичной закалки, в степени концентрационной неоднородности и температуры его распада при последующем отпуске стали [2].

Цель работы.

Выявление особенностей влияние вида инструментального материала на структурное состояние поверхностных слоев стали ХВСГ при механической обработке на формирование вторичных структур.

Методика исследования.

Для выявления особенностей влияние вида инструментального материала на структурное состояние проведены исследования поверхностных слоев стали ХВСГ при шлифовании абразивным и кругом из Гексанита-А и при точении резцами из Гексанита-Р.

При исследовании процесса обработки шлифованием образцы из стали ХВСГ (ГОСТ 5950-2000) твердостью HRC 54...56 изготавливали в виде цилиндров высотой 10 мм и диаметром 50 мм, а для процесса точения - длиной 250 мм, которые затем закаливали от температуры 850 °С (с охлаждением в масле) и отпускали при температуре 200 °С на воздухе.

Исследования проводили на на круглошлифовальном станке ЗБ12 шлифованными абразивными кругами ПП 250x16x76 63С 6 СМ1К, а на плоскошлифовальном станке модели 3171М кругами ПП 300x20x127 63С 40 СМ1К и кругами из гексанита – А: ПП 250x16x5x76 ГА 125/100 100% БСТ. Точения резцами из гексанита-Р осуществляли на токарном станке мод. 16К20 с режимами обработки – скорость резания $V = 20, 40, 80, 160$ и 250 мм/мин, подача $s = 0,07$ мм и глубина резания $t = 0,25$ мм.

Процесс изготовления образцов состоял из резки круглого проката на заготовки, предварительной токарной, получистовой и чистовой их обработки:

Исследования микротвердости поверхностных слоев образцов проводили на микротвердомере мод. ПМТ-3 при нагрузке 0,2Н и 0,5Н.

Рентгеноструктурные исследования проводились методом послойного анализа на дифрактометре ДРОН-3 в Fe Ka-излучении.

Количество остаточного аустенита (f_γ) в исследуемых образцах определяли по данным измерения интегральной интенсивности рентгеновских линий (110) и (111) α и γ -фазы с учетом фактора повторяемости:

$$f_\gamma = \frac{S_\gamma}{0,66 \cdot S_\alpha + S_\gamma} \cdot 100\% \quad (1)$$

где S_α ; S_γ – интегральная интенсивность рентгеновских линий α и γ -фазы, соответственно.

Численные значения S_α и S_γ определялись путем планиметрирования соответствующих линий. Напряжения I-рода в поверхностных слоях оценивались рентгенографически как сумма главных напряжений ($\sigma_1 + \sigma_2$) по формуле:

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \frac{E}{\mu} \cdot ctg\Theta \cdot \Delta\Theta \quad (2)$$

где E – модуль упругости; μ – коэффициент Пуассона; $\Delta\Theta = \Theta - \Theta_0$ – разность углов K_α – компонентов α и γ фаз после механической обработки (Θ) и исходной (Θ_0).

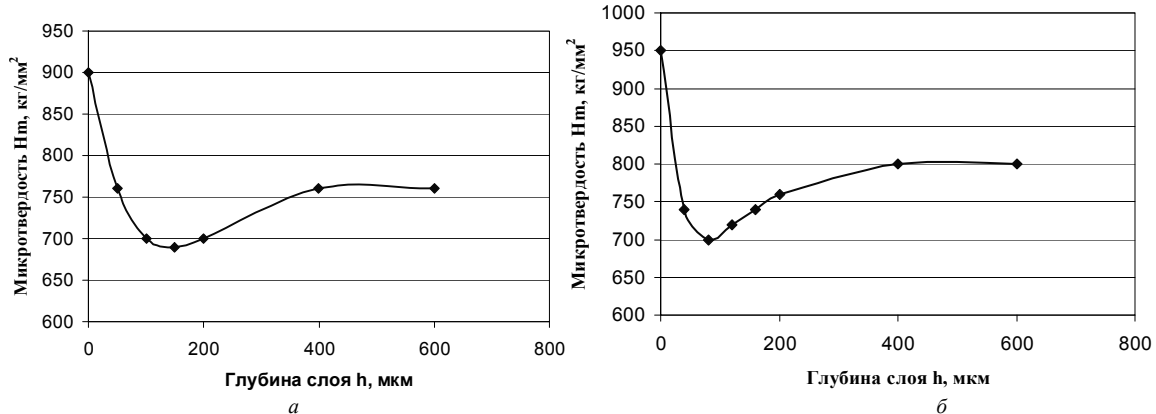


Рис. 1. Изменение микротвердости по глубине поверхностного слоя при шлифовании абразивным (а) и кругом из Гексанита-А (б)

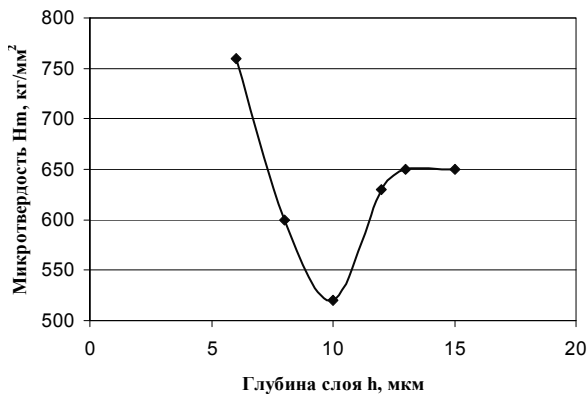


Рис. 2. Изменение микротвердости по глубине поверхностного слоя при обработке резцом из гексанита – Р

Обсуждение результатов.

Результаты измерения микротвердости в зависимости от глубины слоя при шлифовании абразивным кругом (рис. 1а), и кругом из Гексанита-А (рис. 1б) показывают, что глубина зоны вторичной закалки уменьшается с увеличением теплопроводности обрабатываемого инструментального материала.

Зона высокотемпературного отпуска находится на глубине 30-650 мкм для абразивного круга, 30-300 мкм для круга из Гексанита-А, и 8-12 мкм в случае точения резцом из Гексанита-Р. Таким образом, при снижении температуры в зоне обработки глубина нарушенного слоя уменьшается и становится минимальной для поверхности обработанной резцом из Гексанита – Р (рис. 2).

Измерения остаточного аустенита после шлифования абразивным кругом и кругом из Гексанита-А приведены в табл. 1

Таблица 1

Количество остаточного аустенита, f_γ , % в стали ХВСГ после шлифования абразивным кругом и кругом из Гексанита-А

№ п/п	Глубина, мкм	10	20	30	40	80	120	160
1	Круг абразивный	24	25	23	23	29	30	30
2	Круг гексанитовый	32	27	26	29	30	30	30

Таким образом глубина нарушенной концентрации аустенита меньше в несколько раз глубины нарушенной микротвердости и составляет в случае обработки абразивным кругом -120 мкм, а кругом из Гексанита-А – 80 мкм. Результаты измерений в случае обработки резцом из Гексанитом-Р приведены в табл. 2.

Таблица 2

Количество остаточного аустенита, f_γ , % в стали ХВСГ после шлифования кругом из Гексанита-А

Скорость обработки, м/мин	20	40	80	120	250
Круг из гексанита – Р	23	21	30	30	30

Заметные изменения концентрации остаточного аустенита происходят в диапазоне $V = 20-80$ м/мин. Это можно связать с процессом налипания обрабатываемого материала на резец, описанным в работах [5, 6].

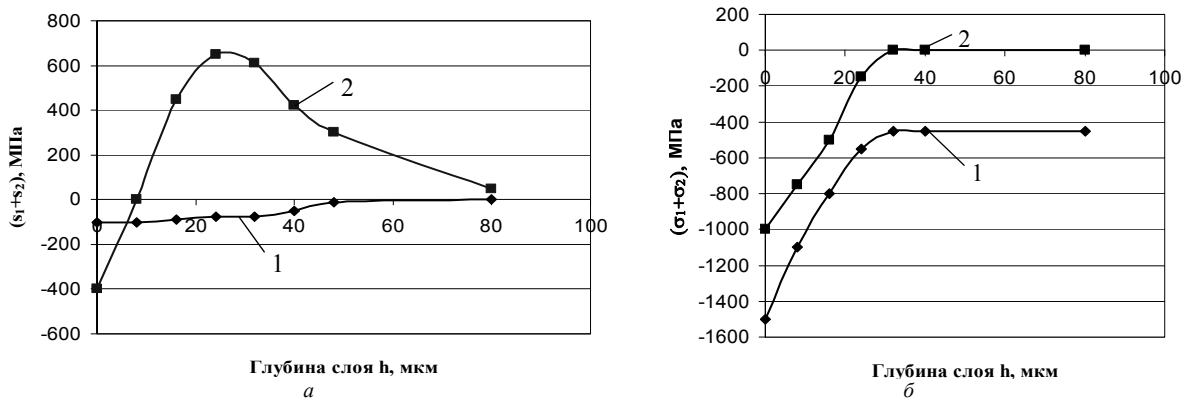


Рис. 3. Распределение остаточных напряжений I-го рода по глубине поверхностного слоя при шлифовании абразивным (а) и кругом из Гексанита-А (б); 1 – γ -фаза; 2 – α -фаза

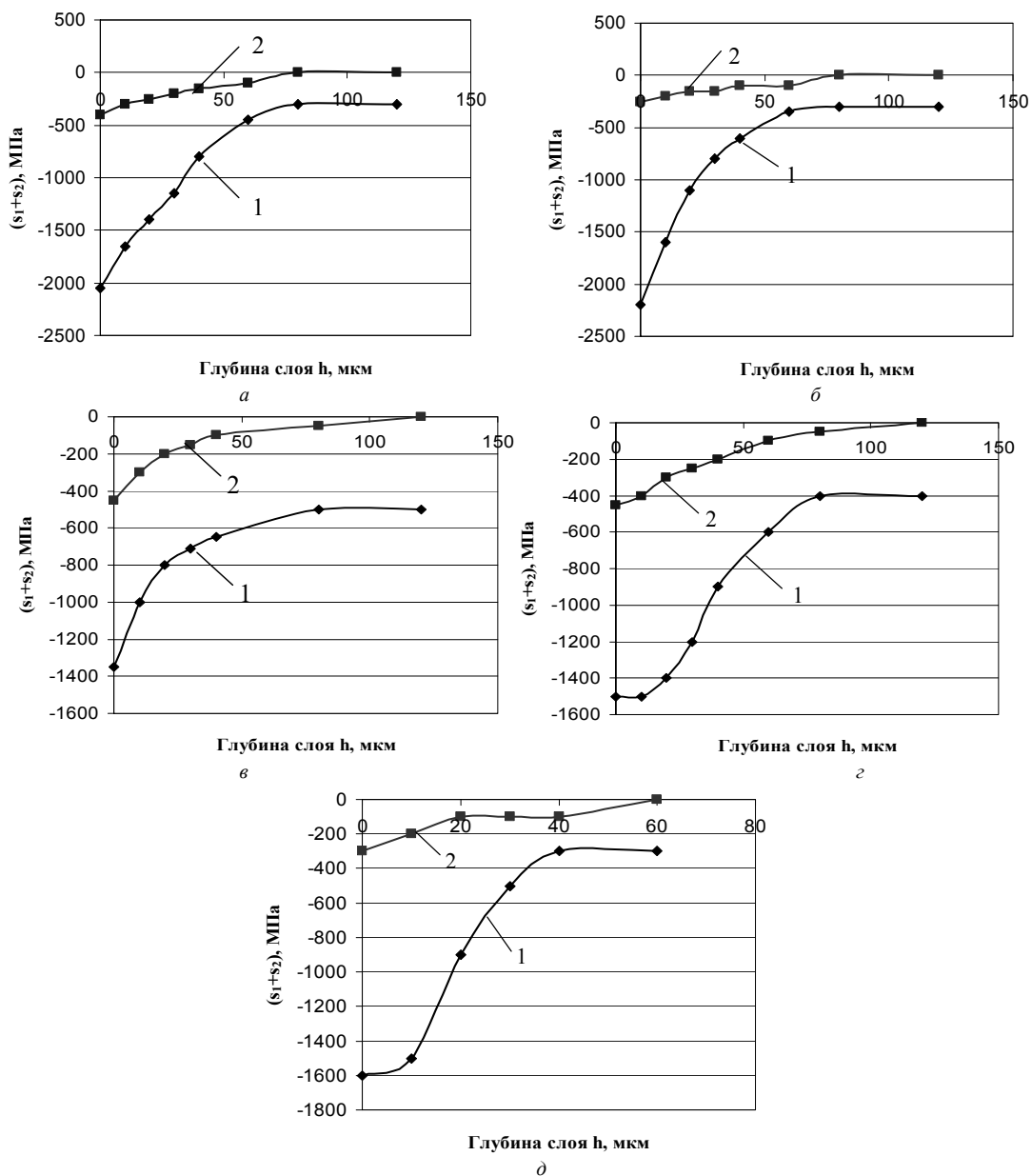


Рис. 4. Распределение остаточных напряжений I-го рода по глубине поверхностного слоя: 1 – γ -фаза; 2 – α -фаза, при $V = 20$ м/мин (а); 40 (б); 80 (в); 160 (г); и 250 м/мин (д)

Характерной особенностью исследуемого процесса шлифования абразивным кругом является возникновение растягивающих напряжений I-рода в α -фазе структуры скоростного отпуска, распространяющихся на глубину до 120 мкм от поверхности (рис. 3, а). Их максимальное значение по критерию ($\sigma_1 + \sigma_2$) достигается на глубине 20-30 мкм от поверхности. В γ -фазе имеют место небольшие сжимающие напряжения, распространяющиеся на глубину до 50 мкм.

При шлифовании гексанитовым кругом в α - фазе напряжения сжатия снижаются до нуля на глубине 30 мкм (рис. 3,б), а в γ -фазе уменьшаются до минимальных (620 МПа) на глубине 40 мкм.

Структурное состояние поверхностного слоя исследуемой стали при резании Гексанитом-Р, так же как и при шлифовании кругом из Гексанита – А, характеризуется наличием зоны сжимающих напряжений в α - и γ -фазах (рис.4), максимальных на поверхности образцов.

Дальнейший характер изменения напряжений по глубине для α - и γ -фаз различается и зависит от скорости резания. Для минимальной из исследованных скоростей (рис. 4 а) напряжения в γ -фазе уменьшаются до нуля на глубине 80 мкм. При увеличении скорости резания зона интенсивного снижения уровня остаточных напряжений в γ -фазе сокращается до 60 мкм. Для α -фазы область интенсивного снижения напряжений также заканчивается на глубине 80 мкм, но при этом максимальные значения на поверхности значительно превышают аналогичные для γ -фазы и не снижаются до нуля также как и в случае шлифования кругом из Гексанита -А.

Выводы.

Таким образом, проведенные исследования процесса шлифования абразивами кругами и точения стали ХВСТ резцами из гексанита-Р показали следующее:

- с увеличением теплопроводности инструментального материала сужается зона структурных изменений, происходящих при этом в поверхностном слое обрабатываемого материала, она минимальна при точении резцами из гексанита-Р;
- количество остаточного аустенита при обработке резцами из гексанита-Р минимально в диапазоне скоростей резания 40-80 м/мин.;
- обработка инструментом из Гексанита-Р для α - и γ -фаз в поверхностном слое сопровождается только сжимающими остаточными напряжениями, в то время как абразивная обработка способствует возникновению растягивающих напряжений I-рода в α -фазе структуры скоростного отпуска.
- совместное влияние давления и температуры в процессе скоростного резания приводит к уменьшению степени наклепа γ - фазы в поверхностном слое.

Список литературы.

1. Nizhnik S.B. [Formation of secondary structures in steels at high pulsed temperature and pressure Russian metallurgy // Metally. 2006. Т. 2006. № 4. С. 314-322.](#)
2. Нижник С.Б. [К вопросу формирования вторичных структур в сталях при импульсном действии высоких температур и давлений // Металлы. 2006. № 4. С. 42-53.](#)
3. Вишневский А.С., Долеви В.Г. и др. Взаимодействие нитрида бора со сталями и титаном.- Синтетические алмазы, 1978, №4, с.17-21.
4. Куколь В.В. Определение положения максимума К - компоненты дублета по профилю уширенной дублетной рентгеновской дифракционной линии. - Заводская лаборатория, 1965, №6, с.706-708.
5. Бухштейн В.И., Тихонцов А.М., Волкогон В.М. и др. Исследование механизма износа двухслойных пластин К10Д при обработке закаленных хромистых сталей // Сверхтвердые материалы. – 1989.- №4.-с.45-51.
6. Волкогон В.М., Котляр Д.А., Аврамчук С.К., Кравчук А.В., Антонюк В.С. Вплив попередньої підготовки порошків VNv до спікання на основні характеристики процесу обробки сталі ШХ15 в режимі безперервного різання // Високі технології в машинобудуванні: Зб. наукових праць.- Харків НТУ «ХПІ», 2010- Вип. 1.- С. 35-44.