

**УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛОВ С СИНУСОИДАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРИНУДИТЕЛЬНО ВРАЩАЮЩИМСЯ
ЭКСЦЕНТРИЧНО УСТАНОВЛЕННЫМ КРУГЛЫМ РЕЗЦОМ**

СЕЛИЦКИЙ А. Н.¹, ЗАВИСТОВСКИЙ В. Э.²

¹(ООО «Гидропресс»; г. Полоцк, Республика Беларусь)

**²(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой;
г. Новополоцк, Республика Беларусь)**

Профильные соединения могут эффективно применяться вместо шлицевых и шпоночных в зубчатых передачах машин и механизмов, а также режущих и вспомогательных инструментах благодаря более высоким эксплуатационно-технологическим характеристикам. В мировой практике чаще применяются профильные соединения с равноосным контуром (РК-профиль), но заслуживает внимания и близкий по геометрии к РК-профилю синусоидальный (СК-профиль), ограниченный синусоидальной контурной кривой. Особенностью обработки валов с синусоидальным профилем эксцентрично установленным принудительно вращающимся круглым резцом [1] является то, что величина кинематического коэффициента значительно больше, чем при обработке круглых поверхностей само- и принудительно вращающимся инструментом с непрерывной и прерывистой режущей кромкой.

Экспериментальные исследования проводились на шлицефрезерном станке модели GFLV-250 (фирма Heckert, Германия). Производилась обработка заготовок предварительно проточенных до диаметра 55...60 мм. Для исследования влияния кинематического коэффициента изготавливались заготовки в виде ступенчатого вала диаметром 25...55 мм с перепадом диаметра между ступенями 5 мм (рисунок 1). Требуемые значения кинематического коэффициента достигались сочетанием диаметров резца и заготовки.



Рисунок 1. – Обработанный ступенчатый вал

Поскольку участки валов моментопредающих соединений часто подвергаются термической обработке, то в качестве обрабатываемого материала приняты сталь 45 и сталь 30. Результаты исследований температуры резца [14] при обработке валов с синусоидальным профилем на шлицефрезерном станке свидетельствуют о целесообразном его изготовлении из быстрорежущей стали. Применялись круглые резцы диаметром 50...60 мм из стали Р6М5. Обработка осуществлялась по первой прямой схеме ротационного резания с однонаправленными вращением инструмента и движением подачи, что обеспечивает по известным данным [2–4] меньшую шероховатость обработанной поверхности. Обрабатывались трехгранные участки валов с синусоидальным профилем при следующих значениях параметров схемы обработки и элементов режимов резания: частота вращения резца n_t (56; 71; 90 мин⁻¹), подача S_o (0,134...0,67 мм/об), кинематический коэффициент k (2...9), эксцентриситет установки резца относительно оси его вращения e – 1 мм. Глубина резания задавалась исходя из условия формирования вала с синусоидальным профилем за один проход.

Твердость по Виккерсу обработанной поверхности определялась в соответствии с [16] на микротвердомере Buehler Model No 1105D в шести точках вблизи вершины и середины профиля с усилием 1,961 Н, что соответствует шкале твердости HV 0,2 с временем приложения нагрузки 10 с; применялся алмазный наконечник с формой рабочей части в виде четырехгранной пирамиды с ромбическим основанием. Глубина упрочненного слоя определялась методом косого среза.

На рисунке 2 показано распределение твердости по поверхности косого среза (верхние значения расположены ближе к краю обработанной поверхности).

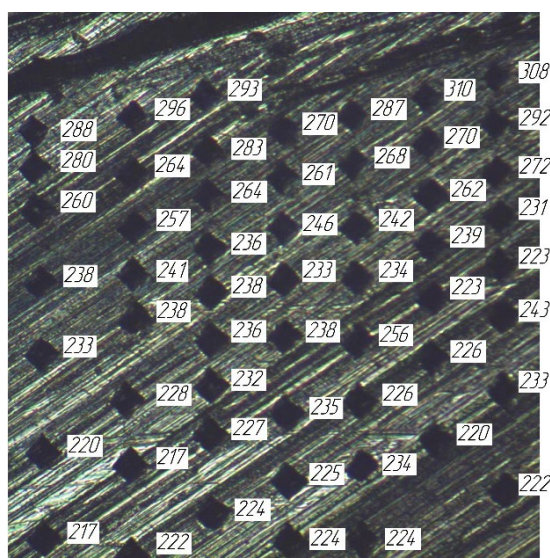


Рисунок 2. – Распределение твердости по поверхности косого среза

Анализ рисунка 2 показывает, что изменение твердости в продольном направлении незначительно, в то время как в поперечном направлении наблюдается рост

в 1,3–1,4 раза, следовательно, наибольшее упрочнение приобретают лишь поверхностные слои обработанного металла.

На рисунке 3, а представлен график изменения твердости по поверхности косого среза в зависимости от глубины до обработанной поверхности, из которого следует, что глубина упрочненного слоя вблизи середины профиля составляет 0,35 мм, а у вершины – 0,25 мм (основа 205 HV 0,2).

С увеличением подачи глубина наклепа (рисунок 3, б) значительно возрастает, что связано с ростом силовой нагрузки и объема деформируемого металла поверхностного слоя.

Степень наклепа (рисунок 3, в) у вершины вала возрастает незначительно (на 15–35 %), особенно при подачах более 0,3 мм/об, а вблизи его середины – более интенсивно (до 55 %).

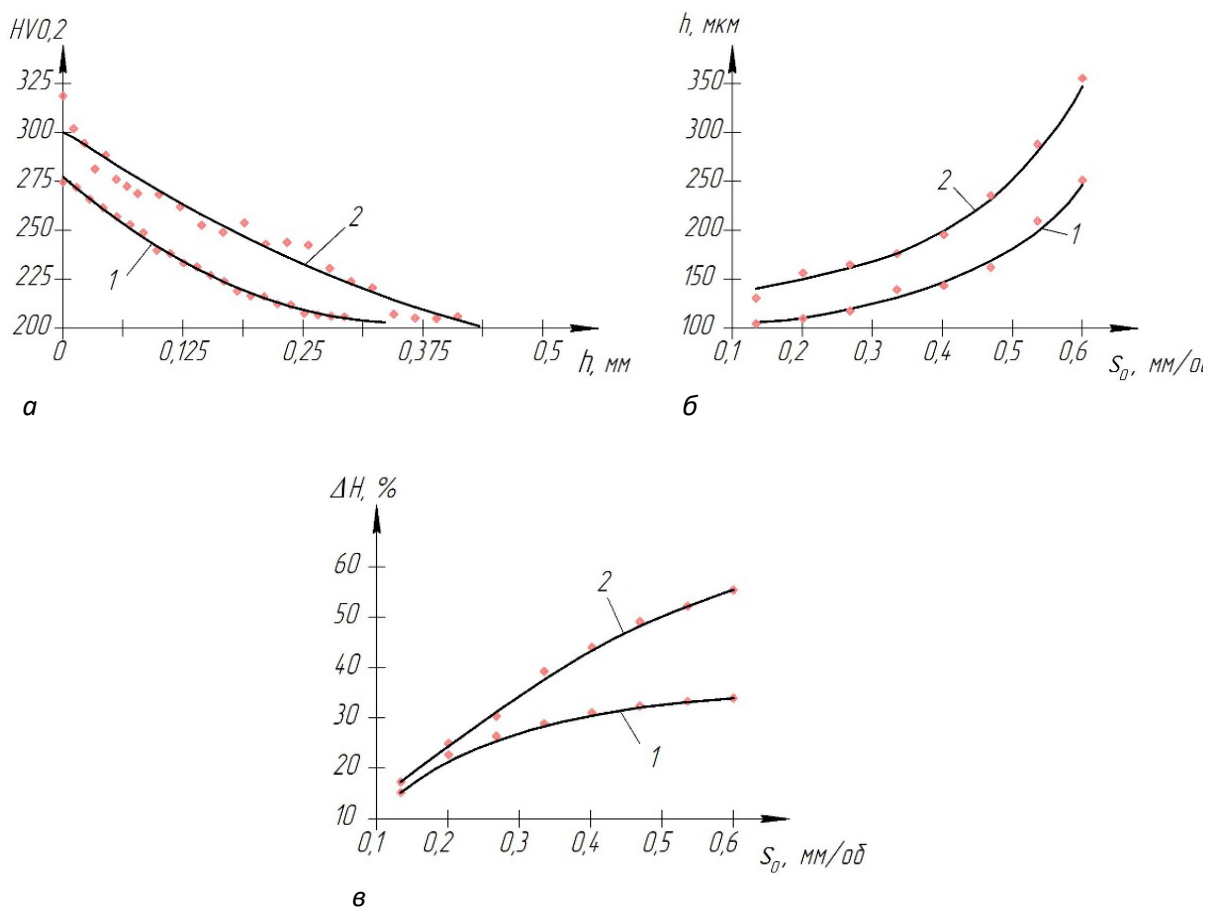


Рисунок 3. – Изменение твердости по поверхности косого среза в зависимости от глубины до обработанной поверхности ($n_t = 56 \text{ мин}^{-1}$; $S_0 = 0,6 \text{ мм/об}$; $t = 3,3 \text{ мм}$; $k = 3,25$) – а; зависимость глубины наклепа (б) и степени наклепа (в) от подачи ($n_t = 56 \text{ мин}^{-1}$; $t = 3,3 \text{ мм}$; $k = 3,25$); 1 (2) – значения в вершине (в середине) вала

С увеличением кинематического коэффициента глубина упрочненного слоя непрерывно возрастает и может достигать 0,5 мм вблизи вершины вала и 0,4 мм в его середине.

Установлено, что твердость обработанной поверхности, степень и глубина наклепа поверхностного слоя с увеличением кинематического коэффициента возрастают: увеличение одного из этих параметров сопровождается ростом остальных показателей, что связано с изменением кинематических углов резца, увеличением пластической деформации поверхностного слоя [5] и скорости проскальзывания задней поверхности резца [3, 4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данилов, В. А. Анализ схемы ротационного точения некруглых поверхностей эксцентрично установленным круглым резцом / В.А. Данилов, А.Н. Селицкий // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия В. Прикладные науки. – 2017. – № 11. – С. 26–33.
2. Ящерицын, П. И. Ротационное резание материалов / П. И. Ящерицын, А. В. Борисенко, И. Г. Дриготин, В. Я. Лебедев. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 229 с.
3. Коновалов, Е. Г. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов / Е. Г. Коновалов, В. А. Сидоренко, А. В. Соусь. Под ред. Е. Г. Коновалова. – Мн., «Наука и техника», 1972. – 272 с.
4. Данилов, В. А. Анализ схемы ротационного точения синусоидальных цилиндрических поверхностей эксцентрично установленным принудительно вращающимся круглым резцом / В.А. Данилов, А.Н. Селицкий // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия В. Прикладные науки. – 2019. – № 11. – С. 9–14.
5. Лебедев, В.Я. Влияние скорости и направления касательного движения при ротационном движении на качество обработанной поверхности/ В.Я. Лебедев, В.А. Сидоренко В.А. // Республиканский межведомственный сб. научных трудов «Машиностроение», 2007. – Вып. 23. – С. 180–185.