

В.М. Волкогон, д-р техн. наук, В.С. Антонюк, д-р техн. наук,  
Аврамчук С.К., канд. техн. наук, Кравчук А.В., канд. техн. наук,  
Д.А. Котляр, канд. техн. наук, Ю.А. Федоран, Киев, Украина

## **ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОБРАБОТКИ ГЕКСАНИТОМ-Р НА ВЫНОСЛИВОСТЬ СТАЛИ ХВСГ**

*Приведені результати досліджень впливу виду механічної обробки і інструментального матеріалу на границю міцності сталі ХВСГ при механічній обробці. Показані переваги токарної обробки різцями з гексаніту-Р порівняно з процесом шліфування. Збільшення швидкості інструментом від 50 до 200 м/хв при обробці інструментом із гексаніту-Р не приводить до суттєвої зміни опору втомлення.*

*Приведены результаты исследований влияния вида механической обработки инструментального материала на предел выносливости стали ХВСГ при механической обработке. Показаны преимущества токарной обработки резцами с гексанита-Р в сравнении с процессом шлифования. Увеличение скорости резания от 50 до 200 м/мин при обробка інструментом із гексаніту-Р не приводит к существенному изменению сопротивления усталости.*

V.M. VOLKOGON, V.S. ANTONJUK, AVRAMCHUK S.K., KRAVCHUK A.V.,  
D.A. KOTLIJAR, JU.A. FEDORAN

*INFLUENCE OF PROCESSING SPEED BY GEKSANIT-R ON ENDURANCE OF STEEL  
KHVSG*

*The results of researches of influence of type of tooling of instrumental material are resulted on the limit of endurance KHVSG became at tooling. Retuned advantage of lathe treatment the chisels of geksanita-R by comparison to the process of polishing. Increase of cutting speed from 50 to 200 m/minutes at treatment instrument by geksanit-R does not cause the substantial change of resistance a fatigue.*

**Вступлення.** Механическая обработка деталей машин режущим инструментом оказывает существенное влияние на сопротивление обрабатываемых деталей циклическим нагрузкам [1, 2]. Это объясняется развитием усталостного разрушения, как правило, с поверхности и в малом объеме; при этом всякое локальное ослабление материала вызывает появление сдвигов с надрывами и на их основе усталостных трещин. Наибольшие циклические напряжения в поверхностных слоях металла действуют при циклическом изгибе и кручении. В то же время механическая обработка слабо влияет на прочность и пластичность как мягких, так и закаленных сталей при испытании на кратковременную статическую прочность в связи с тем, что статические прочностные характеристики ответственны за работу всего объема образца и состояние его поверхностного слоя оказывает на них малое влияние [3].

Токарная обработка, по сравнению с полированием и шлифованием, снижает сопротивление усталости конструкционных и инструментальных сталей из-за худшей микрогеометрии поверхности [4]. При этом разные виды токарной обработки оказывают различное влияние на выносливость, и чем

грубее токарная обработка, тем ниже выносливость сталей. В ряде случаев преимущественное значение приобретают прочность и напряженное состояние поверхностного слоя металла. Наиболее существенное влияние на выносливость оказывают радиус закругления резца, передний угол, величина подачи и скорость резания. Точение с большими передними отрицательными углами, увеличение радиуса закругления вершины резца повышают долговечность работы деталей. Увеличение подачи и уменьшение скорости резания приводит к снижению сопротивления усталости деталей. С увеличением скорости резания предел выносливости стали возрастает из-за уменьшения числа дефектных участков на обрабатываемой поверхности и наличием упрочняющего эффекта [5]. Изменение глубины резания мало влияет на сопротивление усталости стали, поскольку микрогеометрия обработанной поверхности не зависит от указанного параметра; некоторое возрастание наклепа при увеличении глубины резания компенсируется ростом остаточных напряжений растяжения [6].

На прочностные свойства деталей оказывает влияние изменения физико-механического состояния поверхностного слоя, обусловленные интенсивным выделением тепла в процессе резания, поверхностный наклеп, глубина залегания и величина остаточных напряжений [7]. Поверхностный наклеп повышает сопротивление усталости металла. С увеличением глубины и степени наклепа предел выносливости повышается [6]. Остаточные напряжения сжатия – повышают, а растяжения – понижают сопротивление усталости стали [3]. Шлифование, как правило, приводит к снижению сопротивления усталости, обусловленному возникновению при обработке растягивающих напряжений.

Обработка резцами из Гексанита-Р, имеющего высокую теплопроводность [8], должна способствовать смещению уровня остаточных напряжений и как следствие повышению прочностных свойств обработанных материалов [2]. Однако этот вопрос исследован недостаточно.

**Цель работы.** Исследование особенностей влияния режимов механической обработки на сопротивление обработанных деталей из стали ХВСГ (ГОСТ 5950 - 73) циклическим нагрузкам.

**Методика исследования.** Образцы из стали ХВСГ (HRC 54...56) для исследования процесса обработки точением и шлифованием изготавливали в виде цилиндров высотой 10 мм диаметром 50 мм и длиной 250 мм, которые затем закаливали от температуры 850 °С (с охлаждением в масле) и отпускали при температуре 200 °С на воздухе. Технологически процесс изготовления образцов состоял из резки круглого проката на заготовки, предварительной токарной, полустачевой и чистовой обработки:

- 1) точения резцами из гексанита-Р при скорости резания 20, 40, 80, 160 и 250 мм/мин с подачей 0,07мм/об и глубиной резания 0,25мм.
- 2) шлифования абразивными кругами:

- а) ПП 250x16x76 63С 6 СМ1К на круглошлифовальном станке 3Б12;
- б) ПП 300x20x127 63С 40 СМ1К на плоскошлифовальном станке модели 3171М;
- 3) шлифования кругом из гексанита – А: ПП 250x16x5x76 ГА 125/100 100% БСТ

Образец для испытания на циклическую прочность и параметры, размеры и шероховатость образцов приведены на рис. 1.

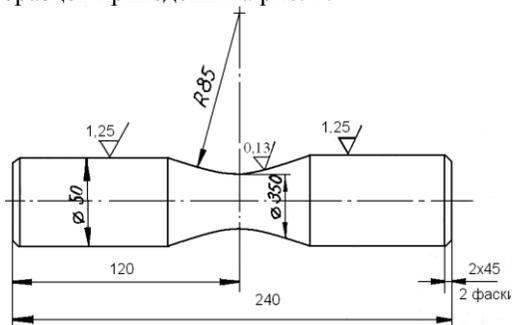


Рисунок 1 – Образец для испытания на циклическую прочность

Усталостные испытания образцов проводились в условиях консольного изгиба с вращением. Частота изменения нагрузки составляла – 15,0 Гц, база испытаний – 10 млн. циклов. Для построения кривой усталости испытывалось не менее 15 образцов, обработанных по принятому режиму резания. Полученные в результате расчета средние значения  $\ln \bar{\sigma}$ ,  $\ln \bar{N}$ , среднеквадратичные отклонения значений  $\sigma_i$  и  $\ln N_{pi}$ , коэффициент корреляции и другие являются исходными для получения корреляционного уравнения – уравнения кривой усталости:

$$\ln N_p = A + M \ln \sigma$$

где  $N_p$ - среднее вероятное число циклов до разрушения образца при напряжении  $\sigma$ ;  $A, M$  – коэффициенты.

**Обсуждение результатов.** Для испытаний на усталость было изготовлено четыре партии образцов. Первая – обрабатывалась шлифовальным кругом; вторая, третья и четвертая – гексанитом-Р при скорости резания  $V = 50, 100$  и  $200$  м/мин. соответственно; глубина резания и подача для последних трех партий оставались постоянными и равными  $t = 0,25$  мм  $S = 0,07$  мм/об. Результаты испытаний на усталость указанных выше партий образцов стали ХВСГ представлены на рис. 2.

Параметры кривых усталости, значения коэффициентов корреляции и ограниченных пределов усталости приведены в таблице.

Анализ результатов испытаний показывает, что на принятой базе испытаний сопротивление усталости исследуемого материала характеризуется лишь наклонным участком кривой усталости – перелом кривой усталости

смещен в область больших долговечностей. Кривая усталости образцов четвертой партии (200 м/мин.) расположена ниже кривых 2-й и 3-й партий и ограниченный предел выносливости ниже на 10 %, чем для 2-й партии.

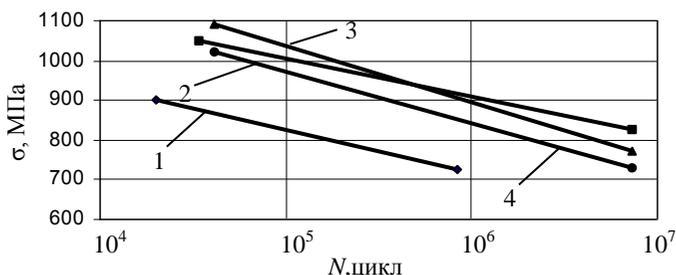


Рисунок 2 – Кривые усталости образцов из стали ХВСГ: шлифование абразивным кругом - (1); точение гексанитом – Р со скоростью 50 (2), 100 (3) и 200 (4) м/мин.

Таблица – Результаты усталостных испытаний образцов стали ХВСГ в условиях консольного изгиба

№ партии	Вид чистовой обработки	Коэффициенты уравнений кривой усталости		Коэффициент корреляции r	предел выносливости на базе 10 <sup>7</sup> циклов, σ <sub>л</sub> , МПа
		A	M		
1	Шлифование абразивным кругом	28,56	12,33	-0,9251	559
2	Точение, резец из гексанита-Р V = 50 м/мин.	53,31	24,15	-0,7795	827
3	Точение, резец из гексанита-Р при V = 100 м/мин.	36,97	15,88	-0,8018	769
4	Точение резец из гексанита-Р V = 200 м/мин.	36,73	17,00	-0,8036	735

Выносливость шлифованных образцов существенно ниже выносливости образцов после точения гексанитом-Р. Ограниченный предел выносливости для первой партии (559 Мпа) на 32% ниже, чем для 2-й партии. Это связано с тем что в процессе резания гексанитом – Р в поверхностных слоях стали проходит скоростной отпуск под напряжением, при котором возникают сжимающие остаточные напряжения 1-го рода в α- и γ-фазах, замедляется распад остаточного аустенита. Сочетание равномерно распределенных хрупких и вязких структурных составляющих в поверхностном слое способствует повышению выносливости стали ХВСГ. При шлифовании абразивным кругом

возникают растягивающие напряжения 1-го рода в  $\gamma$ -фазе, частично распадается остаточный аустенит и повышается степень его наклепа.

**Выводы.** Таким образом, обработка резцами из гексанита-Р стали ХВСГ повышает ограниченный предел выносливости по сравнению со шлифованном абразивным кругом на 30%. Увеличение скорости резания от 50 до 200 м/мин. не приводит к существенному изменению сопротивления усталости, что свидетельствует о возможности повышения производительности обработки инструментом из гексанита-Р путем увеличения скорости резания.

**Список использованных источников:** 1. *Постнов, В. В.* Процессы на контактных поверхностях, износ режущего инструмента и свойства обработанной поверхности Текст. / *В. В. Постнов, Б.У. Шарипов, Л. Ш. Шустер.* Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1988.-224 с. 2. Обработка инструментом сталей резцами из Гексанита-Р / *Г.Г. Карюк, М.С. Пивоваров, В.П. Барабан и др.* // Гексанит и Гексанит-Р и изделия на их основе инструментального назначения.– Киев. ин-тут пробл. материал. АН УССР, 1975.– С. 14-17. 3. *Кагаев В.П., Дроздов Ю.Н.* Прочность и износостойкость деталей машин.- М: Высшая школа, 1991, 320 с 4. Суслов, А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин Текст. / А. Г. Суслов. М.: Машиностроение, 2000.-318 с. 5. *Сулима, А.М.* Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин Текст. / *А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю. П. Ягодкин.* М.: Машиностроение, 1988. - 238 с. 6. *Терентьев В.Ф.* Усталость металлических материалов, Изд-во: *Наука*, 2003, 257 с. 7. *Яцерицин П. И.* Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / *П.И. Яцерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн.* Минск: Высшейшая школа, 1990, 512 с. 8. *Приймачук В.Л., Божко А.В. Овенесян А.О.* Теплофизические свойства разных модификаций нитрида бора // Порошковая металлургия.– 1983.–№ 8.– . 80-82.

*Поступила в редколлегию 12.04.2011*

**Bibliography (transliterated):** 1. Postnov, V. V. Processy na kontaknykh poverhnostyakh, iznos rezhuyego instrumenta i svoystva obrabotannoy poverhnosti Tekst. / *V. V. Postnov, B.U. Sharipov, L. Sh. Shuster.* Sverdlovsk: Izd-vo Ural'skogo un-ta, 1988.-224 s. 2. Obrabotka instrumentom staley rezcami iz Geksanita-R / *G.G. Karjuk, M.S. Pivovarov, V.P. Baraban i dr.* // Geksanit i Geksanit-R i izdelija na ih osnove instrumental'nogo naznachenija.– Kiev. in-tut probl. material. AN USSR, 1975.– S. 14-17. 3. *Kagaev V.P., Drozdov Ju.N.* Prochnost' i iznoso-stojkost' detalej mashin.- M: Vysshaja shkola, 1991, 320 s 4. Suslov, A. G. Kachestvo poverhnost-nogo sloja detalej mashin Tekst. / *A. G. Suslov. M.: Mashinostroenie, 2000.-318 s. 5. Sulima, A.M.* Poverhnostnyj sloj i jekspluatacionnye svoystva detalej mashin Tekst. / *A.M. Sulima, V.A. Shulov, Ju. P. Jagodkin.* M.: Mashinostroenie, 1988. - 238 s. 6. *Terent'ev V.F.* Ustalost' metallicheskih materialov, Izd-vo: *Nauka*, 2003, 257 s. 7. *Jawericin P. I.* Teorija rezanija. Fizi-cheskie i teplovyje processy v tehnologicheskikh sistemah / *P.I. Jawericyn, M.L. Eremenko, E.Je. Fel'dshtejn.* Minsk: Vyshejschaja shkola, 1990, 512 s. 8. *Prijmachuk V.L., Bozhko A.V. Ovenesjan A.O.* Teplofizicheskie svoystva raznyh modifikacij nitrida bora // Poroshkovaja metallurgija.–1983.–№ 8.– . 80-82.