

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ 30ХГСН2А

© 2009 Д. А. Ласточкин<sup>1</sup>, Д. Л. Скуратов<sup>2</sup>, В. Д. Смолин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «Арго-моторс», г. Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

Представлены результаты исследований тонкого точения высокопрочной стали 30ХГСН2А резцами с пластинами из твёрдого сплава Т30К4, что включает точность обработки, шероховатость поверхности и остаточные напряжения. Рассмотрена также возможность замены процесса шлифования на точение для данного материала.

*Тонкое точение, высокопрочная сталь 30ХГСН2А, точность обработки, шероховатость поверхности, остаточные напряжения*

Сталь 30ХГСН2А относится к группе высокопрочных сталей и достаточно широко используется при изготовлении стоек и цилиндров шасси тяжелых гражданских (рис. 1, 2) и военных самолетов, различных

штоков (рис. 3), осей и т.д. Предел прочности данной стали в закалённом состоянии, в зависимости от температуры отпуска, находится в пределах от 1600 до 1750 МПа при твёрдости 45...48 НRC. При такой твёрдости и прочности материала основным видом

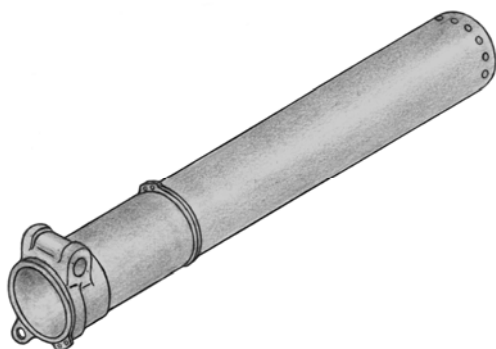


Рис. 1. Цилиндр основной стойки взлетно-посадочного устройства самолета Ил-76

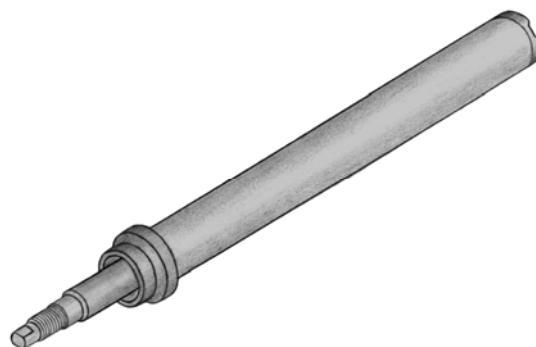


Рис. 3. Шток из стали 30ХГСН2А телескопической стойки передней подвески автомобиля ВАЗ 2110

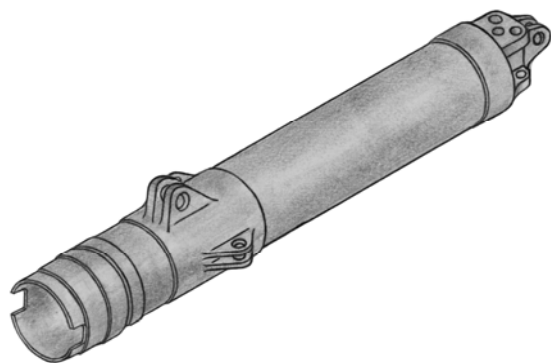


Рис. 2. Цилиндр передней стойки взлетно- посадочно- го устройства самолета Ту-134А из стали 30ХГСН2А

обработки на окончательных операциях изготовления деталей является шлифование. Однако, учитывая, что при шлифовании тяжело нагруженных деталей возникновение шлифовочных прижогов и трещин категорически недопустимо, данный вид обработки в условиях производства вызывает определенные сложности. Кроме того, при использовании серийных шлифовальных кругов, т.е. кругов со сплошной режущей поверхностью, в поверхностном слое формируются растягивающие окружные остаточные напряжения, что негативно сказывается на сопротивлении усталости деталей [1].

В связи с вышеизложенным была поставлена задача исследовать возможность замены операций шлифования на операции тонкого точения.

Исследования проводились на токарно-винторезном станке 1К62, оснащённом вариатором.

В качестве образцов использовались кольца из стали 30ХГСН2А, подвергнутые термообработке (закалка + отпуск) и имеющие твёрдость 45...47 HRC<sub>3</sub>.

Наружная обработка колец велась резцами, оснащёнными твердосплавными пластинами Т30К4 со следующей геометрией:  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\varphi_1 = 10^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\alpha_1 = 10^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ . Величина угла  $\varphi$  была принята  $90^\circ$ . Это обусловлено тем, что при данном значении главного угла в плане радиальная составляющая силы резания равна нулю, и следовательно, отжим в технологической системе отсутствует. А это очень важно, так как на операциях тонкого точения должна быть обеспечена точность обработки в пределах 6...7 квалитетов, как и на операциях шлифования.

Режимы резания и геометрия инструмента изменялись в следующих пределах:

- скорость резания  $v = 20...70$  м/мин;
- продольная подача  $S_o = 0,07...0,3$  мм/об;
- глубина резания  $t = 0,05...0,5$  мм;
- радиус при вершине резца  $r = 0,3...0,6$  мм;
- износ по задней поверхности  $h_3 = 0,05...0,3$  мм.

Остаточные напряжения в образцах рассчитывались по измеряемым деформациям, после послойного удаления с их поверхности напряженных слоёв. Удаление напряженных слоёв материала образцов осуществлялось путем анодного травления. Деформация образцов измерялась ежеминутно с помощью специальной аппаратуры в процессе непрерывного анодного травления.

Определение величины шероховатости поверхности осуществлялось на автоматизированном профилометре-профилографе модели БВ-7669.

Результаты экспериментальных исследований, некоторые из которых приведены ниже, показали, что при выбранных геометрии инструмента и режимах резания окружные остаточные напряжения являются сжи-

мающими, а их максимальная величина не превышает 350 МПа.

С увеличением скорости резания наблюдается тенденция к уменьшению величины остаточных напряжений (рис. 4), что объясняется ростом температуры в зоне резания и изменением характера стружкообразования. А это, согласно теории профессора Б.А. Кравченко [2], оказывает решающее влияние на величину и знак остаточных напряжений.

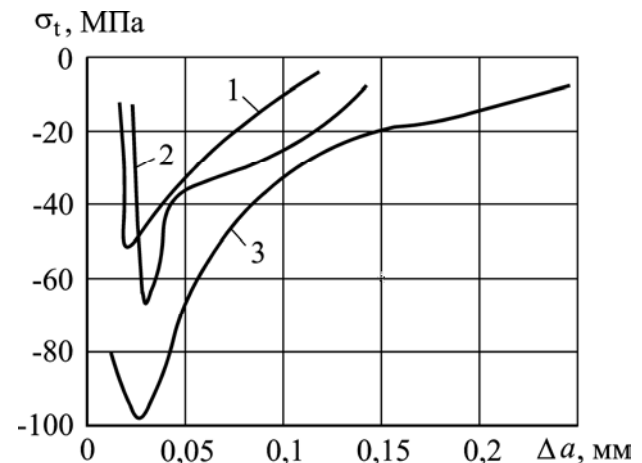


Рис. 4. Влияние скорости резания на распределение окружных остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя образцов:

$S_o = 0,11$  мм/об,  $t = 0,1$  мм,  $h_3 = 0,05$  мм,  $r = 0,4$  мм;

1 -  $v = 50$  м/мин; 2 -  $v = 30$  м/мин; 3 -  $v = 20$  м/мин

Глубина резания в исследуемом интервале значений, как видно из рис. 5, практически не оказывает влияния на величину максимума остаточных напряжений и глубину его залегания. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что при изменении глубины резания в вышеуказанном интервале значений нормальная составляющая силы резания, оказывающая определяющее влияние на формирование остаточных напряжений, существенно не изменяется.

С ростом величины продольной подачи (рис. 6) и увеличением радиуса закругления вершины резца (рис. 7) наблюдается тенденция к росту величины сжимающих окружных остаточных напряжений, что связано, по-видимому, с ростом силового фактора, оказывающего доминирующее влияние на формирование остаточных напряжений.

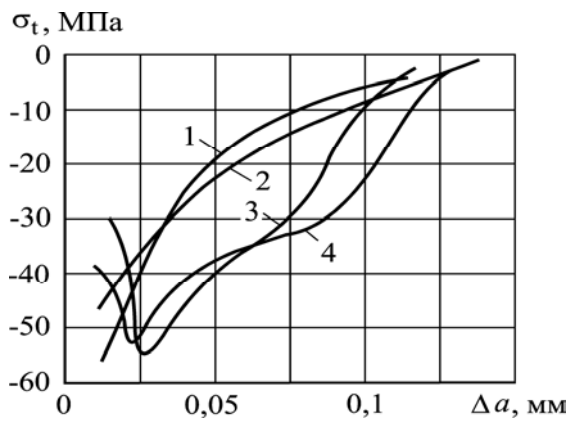


Рис. 5. Влияние глубины резания на распределение окружных остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$ ,  $r = 0,4 \text{ мм}$ ;  $t = 0,2 \text{ мм}$  (1);  $0,4 \text{ мм}$  (2);  $0,1 \text{ мм}$  (3);  $0,5 \text{ мм}$  (4)

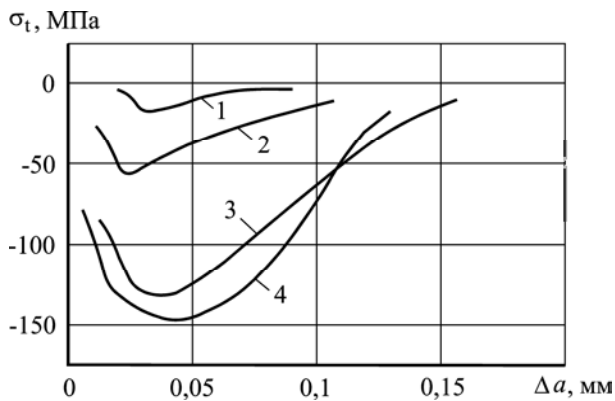


Рис. 6. Влияние подачи на распределение окружных остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя образцов:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ;  $t = 0,1 \text{ мм}$ ;  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$ ;  $r = 0,4 \text{ мм}$ ;  $S_o = 0,07 \text{ мм/об}$  (1);  $0,11 \text{ мм/об}$  (2);  $0,21 \text{ мм/об}$  (3);  $0,3 \text{ мм/об}$  (4)

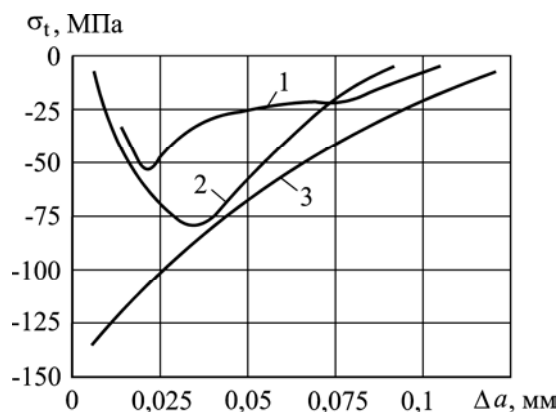


Рис. 7. Влияние радиуса при вершине резца на распределение окружных остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя образцов:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $t = 0,1 \text{ мм}$ ,  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$ ;  $r = 0,4 \text{ мм}$  (1);  $0,3 \text{ мм}$  (2);  $0,5 \text{ мм}$  (3)

Износ по задней поверхности резца  $h_3$  также оказывает существенное влияние на распределение остаточных напряжений в поверхностном слое заготовки (рис. 8). С ростом величины  $h_3$  наблюдается увеличение уровня сжимающих напряжений и глубины максимума их залегания.

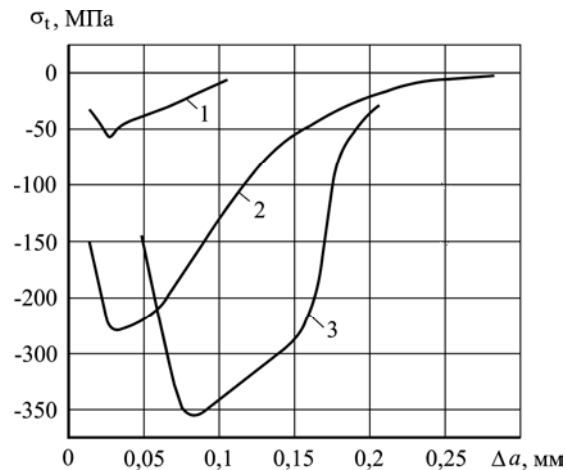


Рис. 8. Влияние величины износа резца по задней поверхности на распределение окружных остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя образцов:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $t = 0,1 \text{ мм}$ ,  $r = 0,4 \text{ мм}$ ;  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$  (1);  $0,15 \text{ мм}$  (2);  $0,3 \text{ мм}$  (3)

Некоторые результаты исследования шероховатости поверхности приведены на рис. 9-13.

На рис. 9 представлена зависимость шероховатости поверхности от скорости резания, описанная линией тренда второго порядка. Как видно из рис. 9, наибольшие значения шероховатости имеют место при низких скоростях резания, что объясняется, по-видимому, явлением наростообразования, влияние которого ослабевает с увеличением скорости резания.

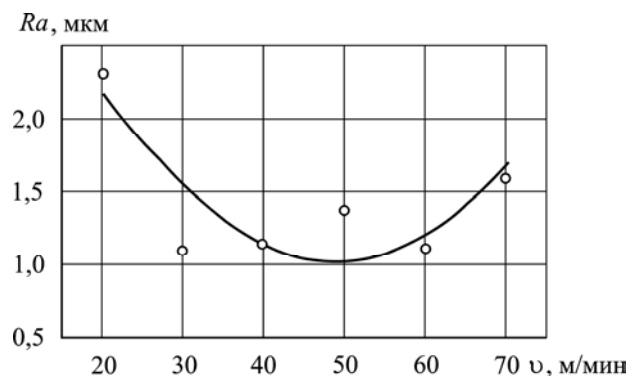


Рис. 9. Зависимость шероховатости поверхности от скорости резания:

$S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $t = 0,1 \text{ мм}$ ,  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$ ,  $r = 0,4 \text{ мм}$

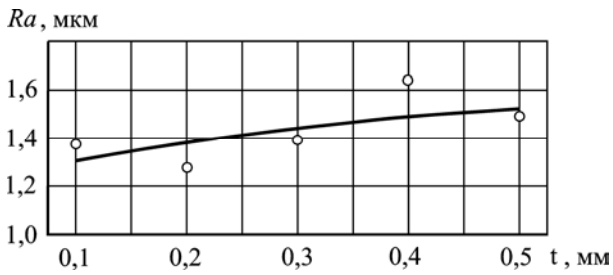


Рис. 10. Зависимость шероховатости поверхности от глубины резания:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$ ;  $r = 0,4 \text{ мм}$

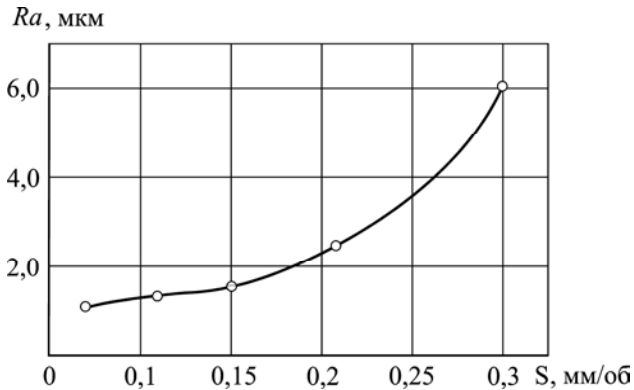


Рис. 11. Зависимость шероховатости поверхности от величины продольной подачи:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $t = 0,1 \text{ мм}$ ,  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$ ;  $r = 0,4 \text{ мм}$

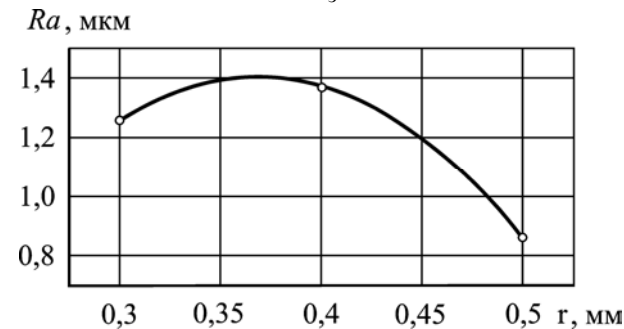


Рис. 12. Зависимость шероховатости поверхности от радиуса при вершине резца:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $t = 0,1 \text{ мм}$ ,  $h_3 = 0,05 \text{ мм}$

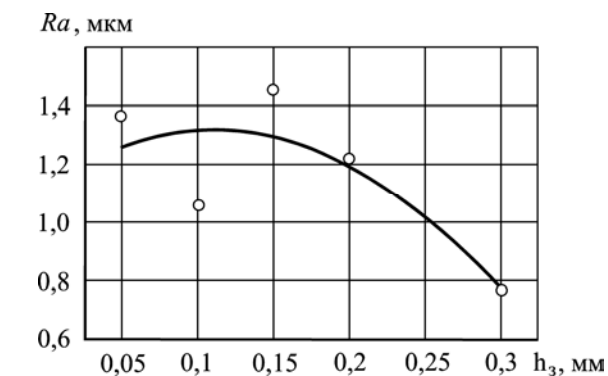


Рис. 13. Зависимость шероховатости поверхности от величины износа по задней поверхности резца:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,  $t = 0,1 \text{ мм}$ ,  $r = 0,4 \text{ мм}$

Влияние глубины резания и подачи на шероховатость поверхности представлено, соответственно, на рис. 10 и 11. Из графиков видно, что с ростом вышеуказанных элементов режима резания имеют место тенденции увеличения параметра  $Ra$ .

Результаты исследования влияния радиуса при вершине резца и износа резца по его задней поверхности на шероховатость поверхности колец приведены на рис. 12 и 13. Из полученных зависимостей, также описанных линиями тренда второго порядка, видно, что с ростом данных параметров шероховатость поверхности уменьшается, примерно, на 40 %.

Исследования показали, что точность размеров обрабатываемых поверхностей заготовок, соответствующая 6 качеству, а шероховатость поверхности, равная  $Ra = 1,25 \dots 0,63 \text{ мкм}$  могут быть обеспечены при обработке в два прохода:

1-й проход:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,

$t = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$ ,  $r = 0,4 \dots 0,6 \text{ мм}$ ;

2-й проход:

$v = 50 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,11 \text{ мм/об}$ ,

$t = 0,05 \dots 0,08 \text{ мм}$ ,  $r = 0,4 \dots 0,6 \text{ мм}$ .

При этом в поверхностном слое будут сформированы сжимающие окружные остаточные напряжения, а не растягивающие, как при шлифовании.

### Вывод

Таким образом, показана принципиальная возможность замены процесса шлифования заготовок из высокопрочной стали 30ХГСН2А на процесс тонкого точения.

### Библиографический список

1. Скуратов, Д.Л. Определение рациональных условий обработки при производстве деталей ГТД / Д.Л. Скуратов, В.Н. Трусов – Самара: Самарский научный центр РАН, 2002. – 152 с.

2. Кравченко, Б.А. Теория формирования поверхностного слоя деталей машин: учеб. пособие / Б.А. Кравченко. – Куйбышев: Куйбышев. политехн. ин-т, 1981. – 90 с.

### References

1. Skuratov D.L., Trusov V.N. Definition of rational processing conditions for GTE manufacturing. – Samara: The Samara Centre of science of The Russian Academy Sciences, 2002. – 152 p.
2. Kravchenko B.A. Theory of forming surface layer of machines parts: educational manual /B.A. Kravchenko. – Kuybishev: Kuybishev polytechnical institute, 1981. – 90 p.

## INVESTIGATION OF PROCESSING PERFORMANCE ON FINISH TURNING OF HIGH STRENGTH STEEL 30HGSN2A

© 2009 D. A. Lastochkin<sup>1</sup>, D. L. Skuratov<sup>2</sup>, V. D. Smolin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara «Argo-Motors», Samara

<sup>2</sup>Samara State Aerospace University

Investigation Results of finish turning of High Strength Steel 30HGSN2A by cutter with hard alloy plate T30K4 are considered. It includes working accuracy, surface roughness and circular residual stresses. Ability of changing grinding to cutting for this material is observed.

*Finish turning, high strength steel, 30HGSN2A, processing accuracy, surface roughness, residual stresses*

### Информация об авторах

**Ласточкин Дмитрий Анатольевич**, начальник отдела ЗАО «Арго-моторс». Тел. (846) 372-00-00. E-mail: [smartman@list.ru](mailto:smartman@list.ru). Область научных интересов: структурно-параметрическая оптимизация технологических процессов механической обработки.

**Скуратов Дмитрий Леонидович**, доктор технических наук, профессор кафедры механической обработки материалов Самарского государственного аэрокосмического университета. Тел.: (846) 332-45-83. E-mail: [skuratov\\_issa@mail.ru](mailto:skuratov_issa@mail.ru). Область научных интересов: структурно-параметрическая оптимизация технологических процессов механической обработки, процессы абразивной обработки.

**Смолин Владимир Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры механической обработки материалов Самарского государственного аэрокосмического университета. Тел.: (846) 267-45-74. E-mail: [mom@ssau.ru](mailto:mom@ssau.ru). Область научных интересов: системы автоматизированного проектирования технологических процессов лезвийной обработки, станки с числовым программным управлением.

**Lastochkin Dmitry Anatolievich**, Spear Parts Department Chief of Argo-Motors. Phone: (846) 372-00-00. E-mail: [smartman@list.ru](mailto:smartman@list.ru). Area of research: structural-parametrical optimization of technological processes of mechanical treatment.

**Skuratov Dmitry Leonidovich**, doctor of technical sciences, professor of Mechanical Material Working department of Samara State Aerospace University. Phone: (846) 332-45-83. E-mail: [skuratov\\_issa@mail.ru](mailto:skuratov_issa@mail.ru). Area of research: structure-parametrical optimization of technological processes of mechanical treatment, abrasive processing.

**Smolin Vladimir Dmitrievich**, Candidate of technical sciences, associate professor of Mechanical Material Working Department of Samara State Aerospace University. Phone: (846) 267-45-74. E-mail: [mom@ssau.ru](mailto:mom@ssau.ru). Area of research: Computer-Aided Design of technological processes of blade treatment.