

УДМТУ, 1998, № 5. – С.124-131. **8.** Крючков Ю.С., Кипреева Е.Ю. Сейсмостойкость высоких технологических объектов как систем с выключающимися связями. //Зб. наук. праць УДМТУ, 2003, № 2. – С.110-116. **9.** Ударостойкость судового энергетического оборудования. // Ю.С. Крючков, И.И. Гусаров, А.А. Гальцев, В.И. Феденко. – Л.: Судостроение, 1969. – 253с. **10.** Harris С.М., Crede С.Е. Shock and Vibration Handbook. Vob. 1-3//Mc.Gran – Hill Book Comp., New York, 1961.

Сдано в редакцию 11.05.05
Рекомендовано д.т.н., проф. Параскив Д.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПОДАЧИ ИЗ УСЛОВИЯ ДОПУСТИМОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕМЕННОЙ КРИВИЗНЫ

Лещенко А.И. (ПГТУ, г. Мариуполь, Украина)

The given work is devoted to questions of quality of surfaces of bar-rolling. In her the recommendations of the practical contents by definition of a mode of cutting of a surface of variable curvature are given at given boundary height of microroughnesses.

Основываясь на статистических данных можно сказать, что на сегодняшний день в экспортном потенциале Украины металлопрокат занимает основное место. Увеличение выпуска проката из высокопрочных сталей, повышение скоростей прокатки, возрастание требований к точности и качеству поверхности проката обуславливают повышение требований к служебным свойствам валков – рабочему инструменту прокатного стана.

Опыт чистовой обработки на станках с УЧПУ, валков сортового проката из высоко-прочного отбеленного чугуна [4] СПХН-49 , СПХН-62 (HRC 41..45) дает основание считать оптимальным применение резцов с режущими пластинками цилиндрической формы из оксидно - карбидной керамики К-91, для которых равные по модулю отрицательный передний и задний углы резца, получены за счет поворота оси пластинки.

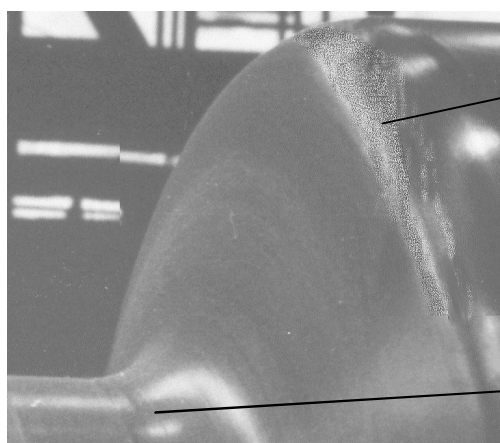


Рис. 1. Профиль калибра валка сортового (рельсового) проката

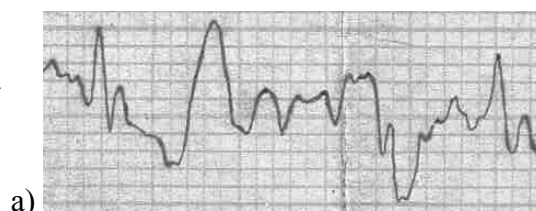


Рис. 2. Профилограммы поверхностей профиля прокатного валка:
а – вогнутых и б - выпуклых участков

Опыт прокатного производства дает основание утверждать, что наиболее изнаши-ваемые участки ручьев калибровки – формообразующие прокат радиусы и боковые поверхности, при этом интенсивность их износа снижается с повышением точности и чистоты поверхности. При точении калибрующих ручьев валка с постоянными скоростью резания, глубиной и подачей наблюдалась более низкая шероховатость радиусной вогнутой поверхности, чем радиусной выпуклой (рис. 2).

Целью данной работы является исследование причин этого отличия и определение предельного значения подачи при заданной высоте микронеровностей поверхности с радиусной образующей.

Высота микронеровностей h^G , при точении с глубиной резания t радиусной вогнутой (рис. 3) поверхности R , равна:

$$h^G = R - (R - r) \cdot \cos(\alpha / 2) - \sqrt{(R - r)^2 \cdot \cos^2(\alpha / 2) + 2 \cdot R \cdot r - R^2},$$

где α – центральный угол, на который перемещается за один оборот заготовки центр режущей пластинки радиуса r .

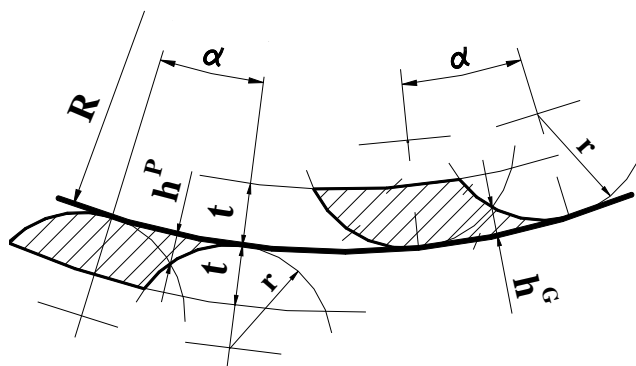


Рис. 3. Геометрические соотношения при точении поверхности радиуса R

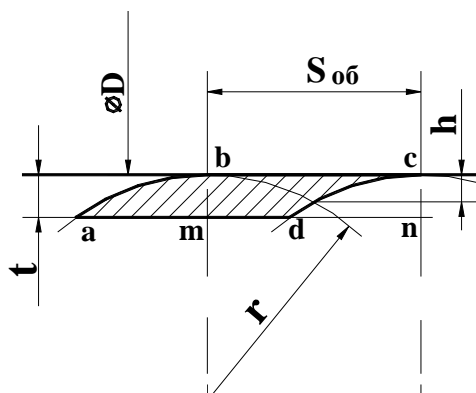


Рис. 4. Геометрические соотношения при точении цилиндрической поверхности OD

Высота микронеровностей h^p , при точении с глубиной резания t радиусной выпуклой поверхности R , пластинкой радиуса r равна:

$$h^p = (R + r) \cdot \cos(\alpha / 2) - R - \sqrt{(R + r)^2 \cdot \cos^2(\alpha / 2) - 2 \cdot R \cdot r - R^2}$$

При заданной предельной высоте микронеровностей h^p радиусной вогнутой поверхности R , полученной точением режущей пластинкой радиуса r , значение оборотной подачи $S_{об}^G$ равно:

$$S_{об}^G = 2 \cdot R \cdot \arccos\left(\frac{2 \cdot R \cdot r - R^2 - (h^G - R)^2}{2(R - r)(h^G - R)}\right). \quad (1)$$

При заданной предельной высоте микронеровностей h^G радиусной выпуклой поверхности R значение оборотной подачи $S_{об}^P$ равно:

$$S_{об}^P = 2 \cdot R \cdot \arccos\left(\frac{2 \cdot R \cdot r + R^2 + (h^G + R)^2}{2(R+r)(h^G + R)}\right). \quad (2)$$

Для поверхностей радиусов $R=10 \dots 500$ мм, обработанных режущей пластинкой $r=6.35$ мм, строим графики (рис. 5) изменения подач $S_{об}^P(R)$, $S_{об}^G(R)$ обеспечивающих высоту микронеровностей $h=125$ мкм. Анализируя функции можно например получить, что при $R=40$ мм значения подач $S_{об}^G=0.22$ мм/об и $S_{об}^P=0.29$ мм/об должно обеспечить $h=125$ мкм.

С увеличением R , функции $S_{об}^P(R)$ и $S_{об}^G(R)$ асимптотически приближаются к значению оборотной подачи для цилиндрической поверхности [2], при заданных r и h равной:

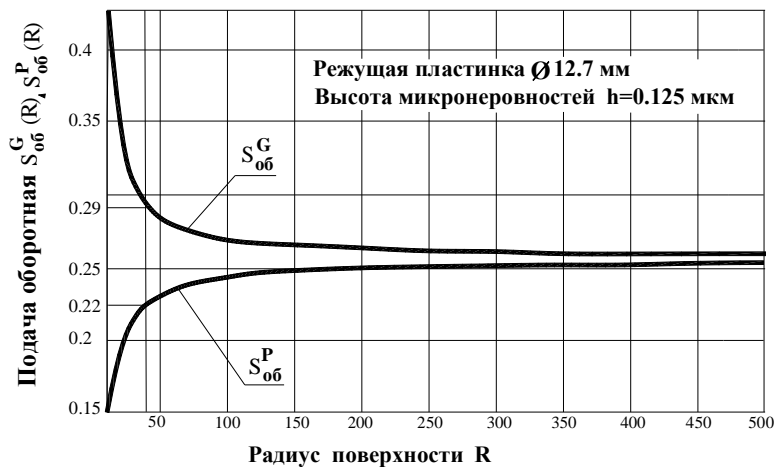
$$S_{об} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot h} - h = 0.26 \text{ мм/об.}$$


Рис. 5. График изменения подач, при обработке выпуклой $S_{об}^P$ и вогнутой $S_{об}^G$ поверхностей в зависимости от изменения ее радиуса R

Значения подач $S_{об}^P(R)$ и $S_{об}^G(R)$, рассчитанные по формулам (1), (2) является необходимым условием обеспечения заданной высоты микронеровностей h^G и h^P , но как показал практический опыт далеко не достаточным.

Для оценки шероховатости обработанных с расчетной подачей $S_{об}$ поверхностей, применялся метод восковых слепков, заключающийся в снятии копий поверхностей для последующего измерения по ним высоты неровностей на щуповом профилометре. Анализ полученных профилограмм (рис. 2) показал превышение расчетной высоты микронеровностей выпуклых участков (рис. 2а) на 15-20% и вогнутых (рис. 2б) на 10-13%. Также обращает внимание тот факт, что размеры «надрывов», их глубина и концентрация на выпуклой поверхности значительно больше, чем на вогнутой. Рассмотрим возможные причины этого отличия.

При точении цилиндрической поверхности диаметром OD (рис. 3) пластинкой радиуса r , с оборотной подачей $S_{об}$ и глубиной резания t , площадь среза P_D равна:

$$P_D = P_{abcd} = S_{об} \cdot t - P_{dcn} + P_{abm}$$

Простой анализ геометрических соотношений, делает очевидным известное [2] равенство $P_{dcn} = P_{abm}$, а следовательно $P_D = S_{об} \cdot t$.

Рассмотрим точение выпуклой поверхности радиуса R (рис.2), с глубиной резания t и подачей $S_{об} = \alpha \cdot R$. По аналогии с цилиндрической поверхностью, анализ геометрических соотношений определяет площадь среза P_R^P пластинкой радиуса r равной:

$$P_R^P = \frac{\alpha}{2}(R+t)^2 - \frac{\alpha}{2}R^2 = \alpha \cdot R \cdot t + \frac{t^2 \cdot \alpha}{2} = S_{об} \cdot t + \frac{t^2 \cdot \alpha}{2} = P_D + \frac{t^2 \cdot \alpha}{2}$$

Для вогнутой радиусной поверхности при той же подаче, $S_{об} = \alpha \cdot R$, площадь среза P_R^G будет равна:

$$P_R^G = \frac{\alpha}{2}R^2 - \frac{\alpha}{2}(R-t)^2 = \alpha \cdot R \cdot t - \frac{t^2 \cdot \alpha}{2} = S_{об} \cdot t - \frac{t^2 \cdot \alpha}{2} = P_D - \frac{t^2 \cdot \alpha}{2}$$

Таким образом, аналитически доказано, что при одинаковых режимах обработки и форме режущей пластинки точение радиусной выпуклой поверхности P_R^P происходит с большей площадью среза, чем точение вогнутой поверхности P_R^G такого же радиуса. Вместе с тем незначительная величина разности площадей среза, например для $R=40$ мм, $t=0.5$ мм, $\alpha = 2.5 \times 10^{-3}$, $S=0.1$ мм/об она равна:

$$P_R^P - P_R^G = t^2 \cdot \alpha = 6.25 \times 10^{-4} \text{ мм}^2,$$

не дает оснований считать причиной различия микрорельефа разные знаки кривизны обработанной поверхности.

Можно предположить, что различие в шероховатости анализируемых поверхностей следует искать в свойствах обрабатываемого материала и физике процесса резания чу-гуна с шаровидным графитом. Форма графита обуславливает более высокую прочность чугуна при действии напряжений сжатия чем сдвига. Поэтому высокопрочные чугуны мало пластичны и имеют низкое сопротивление хрупкому разрушению. По данным исследований [1] закономерности, связывающие проекции силы резания на направление (рис. 7) скорости резания P_z и плоскости подачи P_{xy} при точении высокопрочных чугунов не остаются постоянными, а изменяются в зависимости от скорости резания.

Обрабатываемый материал оказывает сопротивление рабочему движению инструмента воздействуя распределенной нагрузкой на контактные площадки передней и задней поверхностей режущей пластинки. При точении с контурной подачей F , реакция от сил сопротивления по передней поверхности P_z формирует плоскость скалывания в направлении которой возникают наибольшие касательные напряжения.



Рис. 6. Круглая режущая пласти с износом по задней поверхности

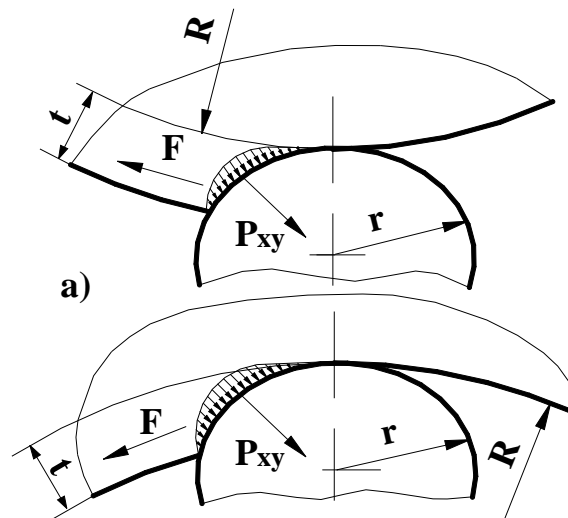


Рис. 7. Распределение контактных усилий по задней поверхности при обработке: а - вогнутых и б - выпуклых

Реакция от силы P_{xy} вызывает абразивный износ по задней поверхности (рис. 6), характерный при точении высокопрочного чугуна. Следует отметить, что износ резцов при точении чугунов минерало- керамическими круглыми пластинками происходит главным образом по задней поверхности [3], с площадью W фаски износа, равной:

$$W = \frac{1}{\sin(\gamma)} \cdot \left(r^2 \cdot \arcsin\left(\frac{\sqrt{r^2 - c^2}}{r}\right) - c \cdot \sqrt{r^2 - c^2} \right),$$

где r – радиус пластинки, c – величина радиального износа и γ - передний угол резца.

Если при чистовой обработке выпуклых и вогнутых поверхностей, с небольшой глубиной резания t , анализировать методом сечений перпендикулярных плоскости резания геометрические параметры предрезцовых областей (рис. 7), то можно сделать вывод: для первых из них больше вероятность разрушения под действием напряжений сдвига, зато напряженное состояние вторых ближе к всестороннему сжатию, что повышает пластичность и уменьшает вероятность сколов. Таким образом при обработке выпуклых поверхностей процессы пластической деформации преждевременно прерываются процессом хрупкого разрушения с образованием стружки надлома [1]. Вместе с тем, как показал опыт при обработке вогнутых поверхностей элементы стружки длиннее и имеют сходство со стружкой скалывания.

ВЫВОДЫ. Результаты исследований изложенной в данной работе позволяют сделать следующие рекомендации практического содержания. При обработке поверхностей с радиусом $R > 50 \cdot r$ подача не отличается от подачи при обработке назначаемся цилиндрической поверхности. При обработке поверхностей с радиусом $R < 50 \cdot r$ значение подачи, при которой поддерживается заданная высота микронеровностей h , равна:

- для выпуклых поверхностей $S_{об}^P = S_{об}^P \cdot k^P$ где $k^P = 0.75$

- для вогнутых поверхностей $S_{об}^G = S_{об}^G \cdot k^G$ где $k^G = 0.9$

Для получения более стабильной формы микрорельефа рекомендуется увеличивать глубину резания с целью повышения сопротивления обрабатываемого материала относительному сдвигу, а на выпуклых поверхностях для уменьшения составляющей силы резания P_x увеличивать скорость резания.

Материалы, изложенные в данной статье являются частью комплексного исследования обработки валков сортового проката. По результатам исследований удалось повысить точность прокатки профиля не только в поперечном сечении, но снизить изгиб изделия в горизонтальной плоскости – серповидность и в вертикальной – коробление.

Список литературы: 1. Грановский Г. И. Резание металлов. –М.: Высшая школа, 1982. –298 с. 2. Шарин Ю.С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ. - М.: «Машиностроение» 1986. - 175с. 3. Лещенко А.И. Экспериментальное исследование и теоретическое обоснование нелинейной характеристики износа режущего инструмента. - Вістник приазовського державного технічного університету №11. – Мариуполь, 2001. – 76 с. 4. Артамонов А. Р. Исследование обрабатываемости высокопрочного чугуна. - М.: «Машиностроение» 1955. - 111с.

Сдано в редакцию 18.05.05

Рекомендовано д.т.н., проф. Суслов А.Г.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ ДОРІЖОК КОЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОРЕЛЬЄФУ ОБРОБЛЮВАНИХ ПОВЕРХОНЬ

Марчук В.І., Денисюк В.Ю., Чалий В.Д. (ЛДТУ, м. Луцьк, Україна)

The model of centerless grinding process of roller bearing inner ring trucks in grinding machines taking into account cinematic and geometry setting parameters for grinding, factors effecting grinding process, surface quality indices and machining efficiency was considered. The dynamic model of low – frequency oscillating processes of trucks centerless grinding technological system to control parameters of machined surface microtopography parameters, is developed.

Вихідні параметри якості робочих поверхонь кілець роликопідшипників такі як точність лінійних і кутових розмірів, відхилення форми, структура і параметри микрорельєфу, фізико-механічні властивості поверхневого шару від яких залежать експлуатаційні властивості деталей в складі виробу формуються на викінчувальних шліфувальних та доводочних операціях. З точки зору забезпечення точності та якості мікротопографії поверхні (шорсткість, хвилястість) обробка шліфуванням має великі переваги перед обробкою лезовим інструментом [1]. Багатопрхідність і можливість за необхідністю змінювати робочий цикл в напрямку від грубого процесу до більш тонкого є, в цьому відношенні, одним з позитивних факторів.