

Хаустова, Л.Г. Дюбнер. В кн. «Современные технологии в машиностроении» Том 2. Харьков, НТУ «ХПИ», 2006. с. 306-319.

Стойкость круговых протяжек для обработки цилиндрических зубчатых колёс

к.т.н. доц. Виноградов В.М., к.т.н. доц. Черепяхин А.А.

МГТУ «МАМИ»

8(495) 223-05-23, доб. 1387

Ключевые слова: обработка зубчатых венцов цилиндрических колёс круговыми протяжками, стойкость круговых протяжек.

В технологической лаборатории МГТУ «МАМИ» было проведено исследование износа резцовых блоков круговых протяжек с целью определения стойкостных зависимостей и оптимальных режимов резания.

Стойкостные испытания проводились при обработке заготовок из наиболее употребительных в автомобильной промышленности сталей. Резцовые блоки круговой протяжки были изготовлены из быстрорежущих сталей Р18, Р9К10 и Р9М4К8. Подъём на зуб – 0,02 ... 0,2 мм, передний угол у черновых блоков - 15°, у чистовых - 0°; угол затылования у всех зубьев составлял 11°; угловой шаг (μ) черновых зубьев - 4°, чистовых - 12°. Обработка заготовок проводилась со скоростями резания 27,02; 32,09 и 48,5 м/мин. Путь (l_p) или время (t_p) резания одного резца определялись по формулам:

$$l_p = 1000 N b_{\text{вим}} \quad ; \quad t_p = \frac{l_p}{V} \text{имини}$$

где: N – число обработанных образцов;

b – ширина образца (50 мм);

V – скорость резания, м/мин.

Для точного определения величины площадки износа на задних поверхностях зубьев нанесены базовые линии (с помощью алмазной пирамидки микротвердомера ПМТ-3), параллельные вершинной главной режущей кромке. Во время испытаний через каждые 200 м пути резания резцовые блоки снимались и проводились замеры расстояния от базовой линии до площадки износа (на инструментальном микроскопе БМИ-III). Износ по задней поверхности (h_3) определялся по формуле:

$$h_3 = l_0 - l_i \text{ИММИ}$$

где: l_0 – расстояние от базовой линии до вершинной режущей кромки неизношенного зуба, мм;

l_i – расстояние от базовой линии до площадки износа после прохождения i метров пути резания (l_p), мм; $i = 200; 400; \dots 3\,000$ м.

Стойкостные испытания показали, что существенное влияние на стойкость оказывает величина зерна быстрорежущей стали. При мелком зерне (6...7 балл) наблюдается абразивный износ (рисунок 1, а) режущего инструмента.

При крупном зерне (3...4 балл) происходит скалывание зерен с режущих кромок (рисунок 1 б, в). При этом сколы являются очагами повышенного износа, что приводит к 4-5-кратной потере стойкости. Наиболее вероятны сколы по уголкам зубьев, поэтому при заточке инструмента необходимо притуплять уголки, что позволит уменьшить вероятность появления сколов.

Исследования стойкости резцовых блоков, изготовленных из различных быстрорежущих сталей при скоростях резания 27,02; 32,09 и 48,5 м/мин (рисунок 2) показали, что по сравнению со сталями обычной производительности применение сталей Р9К10 и Р9М4К8 позволяет увеличить стойкость протяжек в 1,2 ... 1,4 раза.

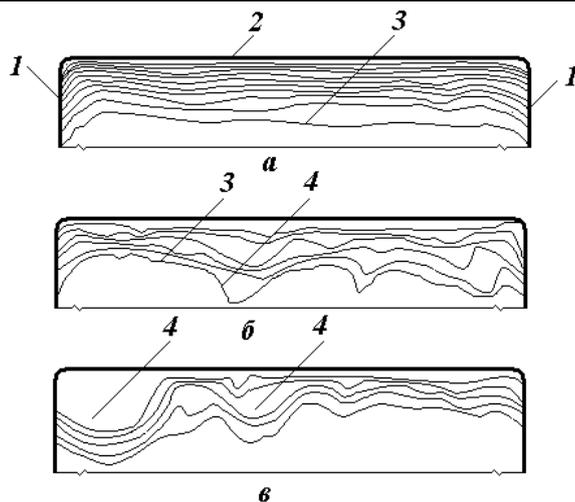


Рисунок 1 - Изолинии площадки износа по задней поверхности: *a* – абразивный износ; *б* – совмещение абразивного износа и скалывания; *в* – скалывание; 1, 2 – боковые и вершинная режущие кромки; 3 – изолиния площадки абразивного износа; 4 – скол

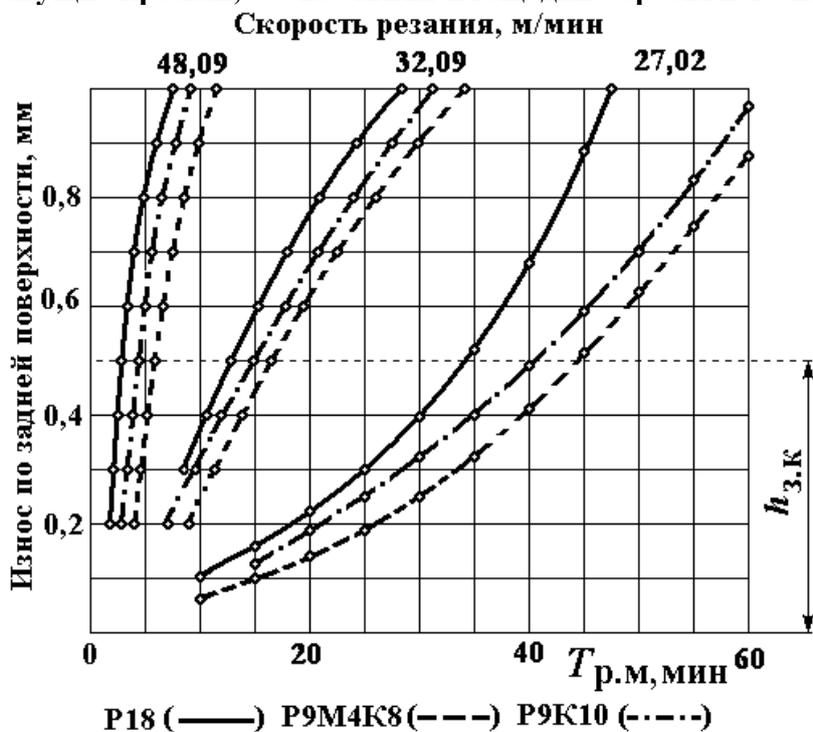


Рисунок 2 - Влияние скорости резания на стойкость резцов круговых протяжек, изготовленных из различных быстрорежущих сталей:

$T_{р.м}$ – минутная стойкость резца (зуба протяжки); $h_{3,к}$ – критический износ.

Однако стали повышенной производительности требуют более точного регулирования температур термической обработки (например, допуск на температуру закалки стали P9M4K8 составляет $\pm 5^\circ\text{C}$, а для стали P18 - $\pm 20^\circ\text{C}$). Кроме того, стали повышенной производительности требуют более тщательнойковки для достижения необходимого балла карбидной ликвации.

На стойкость резцов наибольшее влияние оказывают скорость резания и подъём на зуб. При круговом протягивании выбор оптимального соотношения скорости резания и подъёма на зуб в основном определяется модулем нарезаемого колеса, шириной зубчатого венца и диаметром круговой протяжки. Исходя из этих факторов, рассчитываются требуемые число режущих зубьев, угловой шаг между зубьями, подъём на зуб. Для рассчитанного подъёма на

зуб выбирается скорость резания, обеспечивающая наибольшую экономическую стойкость протяжки.

Обработка экспериментальных данных позволила выявить зависимость между минутной стойкостью резца, скоростью резания и величиной подъёма на зуб:

$$T_{p.m} = \frac{C_T}{V^{3i23} S_z}; \quad V = \frac{C_V}{T_{p.m}^{0iB1} S_z^{0iB1}} \text{ И}$$

где: C_T и C_V – постоянные коэффициенты (таблица 1).

Таблица 1

Значения коэффициентов скорости и стойкости

коэффициенты	Марка стали нарезаемого зубчатого колеса					
	18ХГТ	25ХГТ	45	20Х	12ХН2А	12Х2Н4А
C_T	563 193	336 900	1 751 975	691618	396958	214194
C_V	60,31	51,42	85,7	64,27	54,12	44,71

Взаимосвязь между минутной стойкостью резца (зуба) круговой протяжки, скоростью резания и величиной подъёма на зуб для обработки стали 45 наглядно представлена на рисунке 3.

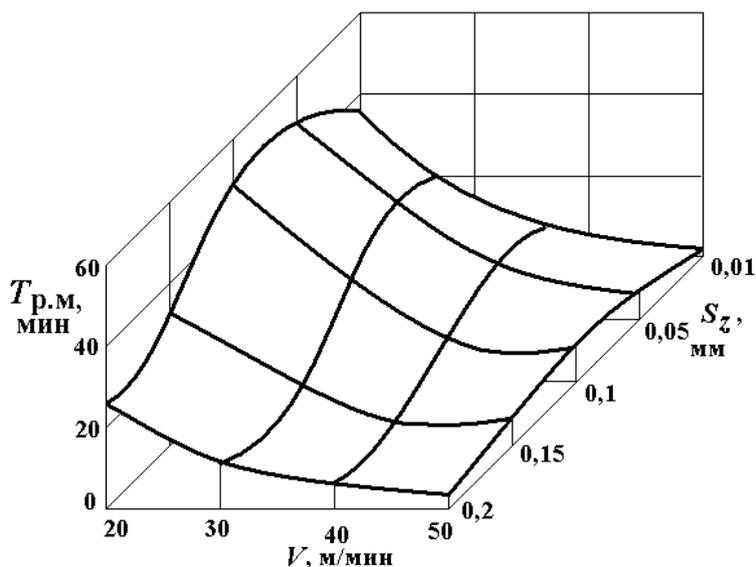


Рисунок 3 - Взаимосвязь между минутной стойкостью резца протяжки ($T_{p.m}$), скоростью резания (V) и подъёмом на зуб (S_z) при обработке зубчатых колёс из стали 45 инструментом из быстрорежущей стали P18

При промышленном использовании кругового протягивания неудобно пользоваться понятием «стойкость одного резца», используется понятие «стойкость протяжки». При крупносерийном характере изготовления зубчатых колес удобно пользоваться минутной (T_m) стойкостью протяжки (время работы протяжки до переточки инструмента) или штучной ($T_{шт}$) стойкостью протяжки (количество обработанных деталей до переточки). Переход от стойкости резца к штучной стойкости или минутной стойкости протяжки осуществляется по формулам:

$$T_{шт} = \frac{1000T_p}{zb}; \quad T_m = \frac{1000T_p}{nz b} \quad \text{или} \quad T_m = \frac{\pi T_p D_n}{z b V};$$

где: $T_{шт}$ – штучная стойкость протяжки;
 T_m – минутная стойкость протяжки, мин;
 z – число зубьев обрабатываемого венца;

n – частота вращения протяжки, мин-1;
 D_n – диаметр протяжки, мм;
 b – ширина нарезаемого зубчатого венца, мм;
 V – скорость резания, м/мин.

В таблице 2 приведены значения оптимальной скорости резания при экономической минутной стойкости протяжки 1080 мин для обработки зубчатых колёс из наиболее употребительных в автомобильной промышленности сталей.

Таблица 2

Оптимальные скорости резания, м/мин

Оптимальная скорость резания, м/мин	Марка стали нарезаемого зубчатого колеса					
	18ХГТ	25ХГТ	45	20Х	12ХН2А	12Х2Н4А
	38,58	32,89	54,83	41,1	34,62	28,6

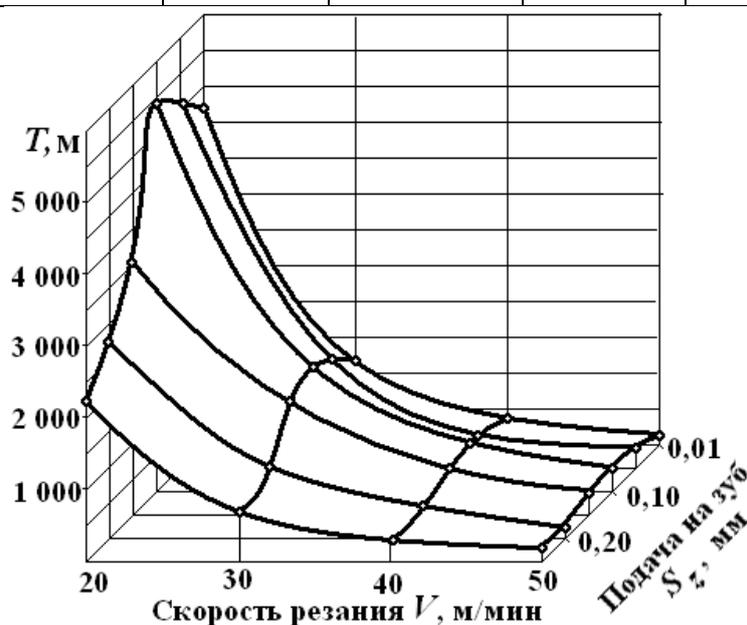


Рисунок 4 - Взаимосвязь между минутной стойкостью протяжки (T), скоростью резания (V) и подъёмом на зуб (Sz) при обработке зубчатых колёс

При сравнительных расчетах стойкости протяжки для обработки зубчатых венцов с различной ширины и имеющих различное число зубьев удобно пользоваться понятием «стойкость протяжки» - как суммарной длиной резания (T , м), поэтому на рисунке 4 показана взаимосвязь между (T), скоростью резания и величиной подъёма на зуб.

Выводы

Для изготовления резовых блоков круговых протяжек можно использовать быстрорежущие стали повышенной производительности.

При изготовлении резовых блоков из быстрорежущих сталей повышенной производительности необходима тщательная проковка заготовок блоков.

Допустимый износ по задней поверхности для круговых протяжек следует брать равным 0,5 мм.

Оптимальные скорости резания при круговом протягивании зубьев цилиндрических колёс лежат в пределах от 25 до 55 м/мин.

Для гарантированного отделения стружки от передней поверхности резцов, предотвращения наростообразования необходима обильная подача смазывающе-охлаждающей жидкости (не менее 60 л/мин) и применение специальных устройств для принудительного удаления стружки из межзубового пространства.