

УДК 621.941

СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ С КРУГОВОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ

Мелконов Г.Л.

THE RESISTANCE OF TOOLS WITH CIRCULAR CUTTING EDGE

Melkonov G.L.

Рассмотрен процесс контроля за стойкостью чашечного резца в течении определенного времени работы. Предложены технологические показатели являющиеся критериями износа инструмента. Разработана методика проведения экспериментальных исследований. Представлены результаты проведенных стойкостных испытаний. По проведенным исследованиям сделаны выводы. С повышением стойкости инструмента и за счет этого появилась возможность повысить скорость резания. Повышение скорости резания благоприятно сказалось на производительности и стоимости операции. Построен график зависимости величины износа по задней поверхности от времени работы.

Ключевые слова: стойкость чашечного резца, виды износа, время работы, технологические параметры.

1. Введение

Основанием для выбора установки режимов резания является требования предъявляемые к качеству обработанной поверхности, а также к стойкости любого режущего инструмента и чашечного в частности.

Стойкость режущего инструмента – это способность сохранять работоспособность режущего лезвия в течении определенного периода времени. Стойкость режущего инструмента существенным образом влияет на экономические показатели обработки – производительность и стоимость операции.

2. Анализ литературных данных и формулировка цели

Анализ литературных источников [1, 2] показал, что применение инструментов с круговой вращающейся кромкой ведет к значительному повышению периода стойкости и как следствие повышение производительности процесса обработки. В основе таких изменений лежит замена трение скольжение на трение качение между обрабатываемой заготовкой, стружкой и инструментом.

Результатами выполненных исследований, выше перечисленных авторов, явилось то что стойкость чашечного инструмента возросла в десятки и более раз.

Наряду с повышением стойкости инструмента и за счет этого появилась возможность повысить скорость резания. Повышение скорости резания благоприятно сказалось на производительности и стоимости операции. Производительность возросла, а цена операции снизилась. В основе повышения стойкости чашечного инструмента лежит увеличение длины режущего лезвия. Вращение инструмента способствует активному теплоотводу температуры поверхности инструмента.

Исследования проведенные в последнее время, указывают на то, что общепринятые степенные зависимости между стойкостью инструмента, режимами резания, геометрией режущего лезвия и другими параметрами в связи с расширением номенклатуры обрабатываемых материалов и развитием станочного парка оказываются непригодными. Поэтому появилась проблема установления новых отвечающих современным требованиям зависимостей.

Исходя из вышеизложенного можно сформулировать цель данной статьи – определение периода стойкости режущего лезвия чашечного резца от времени его работы – периода стойкости.

3. Методика проведения экспериментальных исследований

Методика проведения экспериментальных исследований, предусматривает обоснование выбранного направления экспериментальных исследований программу конкретных экспериментов, оценку точности и достоверности полученных данных, вывода эмпирической зависимости стойкости инструмента от времени работы. Учитывая вышеизложенное необходимо задаться следующими условиями режимы резания во время проведения эксперимента будут постоянными. Значение величин режимов резания выбирались из литературных источников [1 - 3, 4], а также в ходе проведения предварительных экспериментов. В этих экспериментах критерием выбора наиболее благоприятных режимов резания служили минимальные значения высоты шероховатости обработанной поверхности.

Результатом этой работы являются следующие режимы резания: $V = 100 \text{ м/мм}$, $S = 0,4 \text{ мм/об}$, $t = 0,4 \text{ мм}$. Одним из немаловажных параметров влияющих на процесс обработки является угол скрещивания осей обрабатываемой заготовки и инструмента $\gamma = 37^\circ$.

В качестве обрабатываемого изделия был принят карданный вал шахтного насоса. Карданный вал является нежесткой деталью ($L > 10 d$) и одновременно выполняющий ответственную роль в конструкции насоса. Потому очень важно изготовить в соответствии с требованиями чертежа. Для изготовления карданного вала использовалась заготовка диаметром 45 мм длиной 410 мм из стали марки 40Х. Чертеж готовой детали карданный вал приведен на рисунке 1.

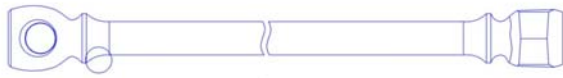


Рис. 1. Чертеж карданного вала

Заготовку карданного вала обрабатывали чашечным инструментом представляющим из себя твердосплавную пластинку марки Т15К10, с наружным диаметром режущего лезвия 32 мм толщиной 10 мм с углом наклона боковой (задней) поверхности. Этот инструмент использовался исключительно на чистовой операции (рис.2).

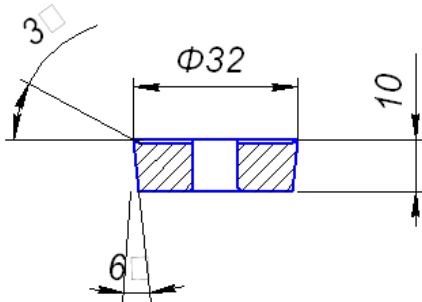


Рис. 2. Твердосплавная круглая пластинка

Стойкость чашечного инструмента контролировалась по двум параметрам: диаметру твердосплавной пластины по режущему лезвию и пояску износа по задней поверхности. Контролируемые параметры представлены на рис. 3.

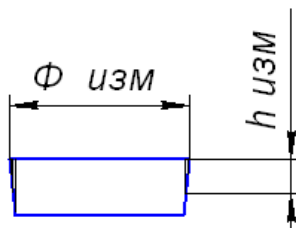


Рис. 3. Схема износа твердосплавной чашечной пластины

В качестве измерительного инструмента использовался штангенциркуль с часовым индикатором, с ценой деления 0,1 мм и инструментальный микроскоп БМИ-1 с точностью деления до 0,005 мм.

3. Результаты проведенных исследований

Заготовка карданного вала, предназначенного для чистовой обработки, устанавливалась на токарном станке модели 16К20. Один конец зажимался в патроне станка, второй конец поджимался центром задней бабки. Чашечный резец устанавливался в центрах токарного станка под углом Γ равным 37° . Режимы резания устанавливались в соответствии с приведенными в методике, равными $V = 100 \text{ м/мин}$; $S = 0,4 \text{ мм/об}$; $t = 0,4 \text{ мм}$. На чистовую операцию затрачено $t = 126 \text{ мин}$. Заготовке сообщалось вращение со скоростью 100 м/мин , в зону резания подводился чашечный резец и производилась чистовая обработка. После завершения чистовой операции деталь снималась со станка, а на её место устанавливалась новая заготовка. После каждой обработки детали производились замеры режущего лезвия чашечного резца на предмет определения износа, а результаты протоколировались табл. 1.

Замеры проводились диаметра режущего лезвия и ширины фаски по задней поверхности. Проводилось измерение и принимались средние значения.

Учитывая тот факт, что в данной работе ставилась цель определения времени в течении которого чашечный резец будет сохранять работоспособность, анализ таблицы показал, что наименьший износ чашки по диаметру и по задней поверхности будет в диапазоне времени $T = 10 \text{ мин} \div 300 \text{ мин}$. Свыше 300 мин наступает катастрофический износ. Критерием износа чашечного резца является качество обработанной поверхности – шероховатость, силы резания и температура резания.

Результатом проведенных экспериментов установлено, что достижение фаски износа по задней поверхности $h_{\text{изн}} = 0,85 \text{ мм} \div 1 \text{ мм}$ отрицательно сказалось на высоте микронеровностей обработанной поверхности. Из анализа таблицы 1 и рисунка 4 видно, что шероховатость обработанной поверхности в начальный период точения вала составляла 1,6 мкм во временном отрезке от 20 мин до 200 обработки высота микронеровностей оставалась практически неизменной и составила $R_a = 2 \text{ мкм}$.

По результатам проведения исследований построен график зависимости величины износа по задней поверхности от времени работы.

Таблиця 1

Результаты измерений износа чашечного резца по диаметру режущего лезвия и фаски износа по задней поверхности

№ п/п	Время работы резца Т, мин	Износ по диаметру $\varnothing_{\text{ИЗМ.}}$, мм	Величина износа $\Delta\varnothing = \varnothing - \varnothing_{\text{ИЗМ.}}$, мм	Износ по задней поверхности и $h_{\text{ИЗМ.}}$, мм	Шероховатость обр. поверхности R_a и R_z , мкм	Составляющая силы резания P_y (Н)	Температура в зоне резания Q°
1	10	$\varnothing 32$	-	-	$R_a = 1,6$	800	300
2	20	$\varnothing 31,97$	0,03	0,1	$R_a = 1,6$	800	300
3	40	$\varnothing 31,94$	0,06	0,2	$R_a = 1,6$	800	300
4	60	$\varnothing 31,9$	0,1	0,3	$R_a = 1,6$	800	310
5	80	$\varnothing 31,7$	0,3	0,37	$R_a = 1,6$	810	310
6	100	$\varnothing 31,58$	0,42	0,42	$R_a = 1,7$	810	320
7	120	$\varnothing 31,52$	0,48	0,5	$R_a = 1,79$	850	330
8	140	$\varnothing 31,47$	0,53	0,56	$R_a = 1,82$	870	370
9	160	$\varnothing 31,4$	0,6	0,61	$R_a = 1,88$	900	390
10	180	$\varnothing 31,3$	0,7	0,68	$R_a = 2$	930	415
11	200	$\varnothing 31,3$	0,7	0,71	$R_a = 2,5$	980	447
12	220	$\varnothing 31,25$	0,75	0,75	$R_a = 2,5$	1050	493
13	240	$\varnothing 31,1$	0,9	0,8	$R_z = 15$	1120	515
14	260	$\varnothing 31,1$	0,9	0,85	$R_z = 18$	1190	534
15	280	$\varnothing 31,1$	0,9	0,89	$R_z = 20$	1200	600
16	300	$\varnothing 31,1$	0,9	1	$R_z = 25$	1280	620
17	320	$\varnothing 31$	1	1,3	$R_z = 30$	1350	643
18	340	$\varnothing 29$	3	1,7	$R_z = 38$	1410	670
19	360	$\varnothing 28$	4	2	$R_z = 51$	1600	713

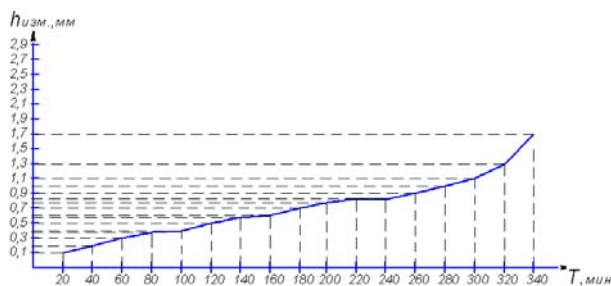


Рис. 4. График зависимости износа чашки $h_{\text{ИЗН}}$ от времени работы Т

При дальнейшей обработке высота микронеровностей увеличивалась от $R_a = 2$ мкм до $R_a = 20$ мкм. После отработки чашечных резцов, по обработке карданных валов, 300 мин наступал катастрофический износ. Размер фаски по задней поверхности составил $h_{\text{ИЗН}} = 1,7 - 2$ мм, что привело к катастрофическому износу. Высота микронеровностей достигла $R_z = 51$ мкм. Аналогичная картинка наблюдалась и при исследовании зависимости силы резания и температуры от временного износа чашечного резца. Наиболее меньшие значения силы резания и температуры были при $t = 220$ мин, потом

наблюдалось повышение до $t = 320$ мин. С истечением времени работы более 300 мин эти показатели резко возрастали и достигли $P_y = 1600$ Н, $Q^\circ = 713^\circ$. Это также свидетельствует о катастрофическом износе чашечного резца. В процессе проведения экспериментальных исследований зависимость изменения высоты шероховатости обработанной поверхности, силы резания и температуры от износа чашечного резца по диаметру не установлено. Анализируя проведенное экспериментальное исследование можно сделать предположение, что стойкость инструмента S от времени работы T будет представляться в общем виде: $S = f(t)$. Проведя анализ таблицы представленной на рис. 1 и графика построенного по данным таблицы можно сделать вывод, что кривая подчиняется следующему закону:

$$h_{\text{изм}} = \sqrt{T}, \quad (1)$$

то есть будет представлять из себя кривую приближенно напоминающую гиперболу.

Выводы

Основной целью проведенных экспериментальных исследований является установление зависимости стойкости чашечного инструмента от времени непрерывной эксплуатации.

Критерием износа чашечного резца являлось появление матовой ленточки по задней поверхности. С увеличением непрерывной работы чашечного резца ширина матовой ленточки увеличивалась.

За основу критериев износа чашечного резца принят технологический показатель – высота микронеровностей обработанной поверхности карданного вала. Также исследовалось влияние величины износа чашечного инструмента на такие параметры как сила резания и температура резания.

Установлено, что с течением времени от 0 мин до 220 мин величина износа по задней поверхности была минимальной и составила $h_{\text{изм}} = 0,75$ мм,

высота микронеровностей равнялась $R_a = 2,5$ мкм, сила резания колебалась в пределах $P_y = 800 - 980$ Н, температура резания

$Q^\circ = 300 - 500^\circ$. С дальнейшей эксплуатацией чашечного резца $t = 300$ мин фаска износа достигла $h_{\text{изм}} = 1$ мм; высота шероховатости $R_z = 25$ мкм; сила резания $P_y = 1280$ Н и температура в зоне

резания $Q^\circ = 620^\circ$. С дальнейшей эксплуатацией чашечного резца наступал катастрофический износ при $t > 320$ мин и все экспериментальные

показатели достигли своего максимума $R_a = 51$ мкм; $P_y = 1600$ Н; $Q^\circ = 713^\circ$.

Дальнейшее проведение экспериментальных исследований являлось нецелесообразным т.к. это уже была бы зона черного точения, а не чистового.

Выведенная эмпирическая зависимость (1) позволит определять величину износа по задней поверхности инструмента без проведения дополнительных экспериментальных исследований.

Литература

1. Валиев Р.З. Развитие равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых металлов и сплавов // - Металлы. - 2004.- №1. - С. 15-21.
2. Рааб Г.И. К вопросу промышленного получения объемных ультрамелкозернистых материалов // - Физика и техника высоких давлений. - 2004. Т.15. № 1. - С. 72-80.
3. Бейгельзимер Я.Е. Винтовая экструзия – процесс накопления деформаций: підруч. [для студ. вищ. нач. закл.] / Я.Е.Бейгельзимер, В.Н.Варюхин, Д.В. Орлов, С.Г. Сынков. – Донецк: ТЕАН, 2003. – 87с.
4. Beygelzimer Y. A new severe plastic deformation method: Twist Extrusion / Y. Beygelzimer, D. Orlov, V. Varyukhin // - Ultrafine Grained Materials II: «Proceed. of TMS (The Minerals, Metals & Materials Society)». – 2002. – P. 297-304.
5. Varyukhin V.N. High pressure effects in severe plastic deformation / V. N. Varyukhin, Y.Y. Beygelzimer, B.M. Efros, O.V. Prokof'eva, V.P. Pilyugin // - Физика и техника высоких давлений. - 2004. – том 14. - №4. - С. 9-18.
6. Синков С.Г. Технологические схемы процессов накопления больших пластических деформаций // - Вестник двигателестроения – 2007, - №2, - С. 146-149.
7. Прокоф'ева О.В. Оценка величины давления металла на стенки матрицы при винтовой экструзии / О.В. Прокоф'ева, Я.С. Бейгельзимер // - ВІСНИК Домбаської державної машинобудівної академії -2005, - №1, - С.57-61.
8. Прокоф'ева О.В. Влияние профиля сечения матрицы на параметры винтовой экструзии / О.В. Прокоф'ева, Я.С. Бейгельзимер // - Физика и техника высоких давлений. - 2005. – том 15, - №4. - С. 65-71.
9. Пат. 64346 України, МПК В21С25/00 Матрица для зміцнення матеріалу при багаторазовому пресуванні /В.А. Тітов, М.С. Тривайло, Н.К. Злочевська, Е.В. Кондратюк, Г.І. Пейчев /заявл. 10.03.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл.21
10. Алексеев Ю.Н. Введению в теорию обработки металлов давлением прокаткой и резанием. - Харьков: ХГУ, 1969. - 108с

References

1. Valiev R.Z. Journal of Metallurgy, 2004. no 1. pp. 15-21.
2. Raab G.I. Journal of Fizika i tehnika vysokih davlenij, 2004. Vol.15. no 1. pp. 72-80.
3. Beygelzimer J.E., Varyukhin V.N., Orlov D.V., Synkov S.G. Vintovaja jekstruzija – process nakoplenija deformacij [Twist extrusion - process for deformation accumulation] Doneck, 2003. 87p.
4. Beygelzimer Y., Orlov D., V. Varyukhin V. Journal of Ultrafine Grained Materials II: Proceed. of TMS (The Minerals, Metals & Materials Society). 2002., pp. 297-304.

5. Varyukhin V. N., Beygelzimer Y.Y., Efros B.M., Prokof'eva O.V., Pilyugin V.P. Journal of Fizika i tehnika vysokih davlenij 2004. vol. 14. no 4. pp. 9-18.
6. Sinkov S.G. Journal of Vestnik dvigatelestroenija. 2007, no 2. pp. 146-149.
7. Prokof'eva O.V., Bejgel'zimer Y.Y. HERALD of the Donbass State Engineering Academy. 2005. no 1, pp.57-61.
8. Prokof'eva O.V., Bejgel'zimer Y.Y. Journal of Fizika i tehnika vysokih davlenij. 2005. vol. 15. no 4, pp. 65-71.
9. V.A. Titov, M.S. Trivajlo, N.K. Zlochevs'ka, E.V. Kondratjuk, G.I. Pejchev matricija dlja zmicennja materialu pri bagatorazovomu presuvanni [A matrix is for strengthening of material at the frequent pressing] Patent Ukraїni no 64346 10.11.2011
10. Alekseev J.N. Vvedeniju v teoriju obrabotki metallov davleniem prokatkoj i rezanie. (To introduction to the theory of treatment of metals pressure rolling and cutting). Har'kov: HGU, 1969. 108 p.

Мелконов Г. Л. Стійкість інструментів з круговою ріжучою кромкою

У статті розглянуто процес контролю за стійкістю чашкового різця протягом певного часу роботи. Запропоновані технологічні показники є критеріями зношення інструменту. Розроблена методика проведення експериментальних досліджень. Представлені результати проведених стійкісних випробувань. З проведених досліджень зроблені висновки. З підвищенням стійкості інструменту і за рахунок цього з'явилася можливість підвищити швидкість різання. Підвищення швидкості різання сприятливо позначилося на продуктивності та вартості операції. Побудований графік залежності величини зношування по задній поверхні від часу роботи.

Ключові слова: *стійкість чашкового різця, види зносу, час роботи, технологічні параметри.*

Melkonov G. L. The resistance of tools with circular cutting edge

The process of monitoring the resistance of the Cup cutter for a certain amount of time. The proposed process indicators are criteria of tool wear. The technique of experimental studies. Presents results of tests of. According to research findings. With increased tool life and because of this it has been possible to increase the cutting speed. The higher speeds have a positive impact on the performance and cost of operation. We plot the values of flank wear with time. Derived an empirical relation (1) will determine the amount of flank wear of the tool without the necessity of additional experimental studies. Further experimental research was inappropriate because it would already be area rough turning and not finishing. The methodology of experimental studies provides a rationale for the chosen directions of experimental research or specific experiments, evaluate the accuracy and reliability of received data, output the empirical dependence of tool life from time to time.

Key words: *vitality bowl cutter, wear, work, technological options.*

Мелконов Григорій Леонидович – к.т.н., доцент кафедри машинобудування, верстатів та інструментів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, G_melkonov@mail.ru

Рецензент: **Соколов В.І.**, д.т.н., професор

Стаття подана 23.11.2015.