

связи с этим, считая $AP \approx BP$ (см. рис. 4), получаем следующую приближенную формулу для вычисления λ :

$$\lambda \approx \Delta a_w \sin \alpha_{tw}^{do} \cos \beta_{b1} \quad (3)$$

Преобразуя общезвестную формулу для определения угла наклона линии зуба на основном цилиндре и подставив полученное значение $\cos \beta_{b1}$ в формулу (3), получим

$$\lambda \approx \Delta a_w \sin \alpha_{tw}^{do} \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_{t1}} \quad (4)$$

Учитывая, что разница между значениями $\sin \alpha_{tw}$ и $\sin \alpha_{t1}$, как правило, незначительна, можно принять окончательно

$$\lambda \approx \Delta a_w \sin \alpha \quad (5)$$

Приведем результаты вычислений значения λ по точной и приближенным формулам для обрабатываемого и измерительного колес с параметрами: $m=3,5$ мм, $z_1=22$, $z_2=27$, $\alpha=20^\circ$, $\beta_1=24^\circ 40' 15''$, $x_1=+0,314$, $x_2=-0,280$. Примем уменьшение среднего значения ИМОР в результате обработки равным 0,02 мм — величине, вполне поддающейся измерению при использовании межцентромеров. Уместно напомнить, что цена деления таких широко распространенных накладных приборов для контроля толщины зубьев, как штангензубомеры, равна именно 0,02 мм, чем практически и ограничивается достигаемая при их использовании точность определения толщины обработанного слоя.

Вычисленное по формуле (2) точное значение λ для приведенных выше условий составляет 7,21 мкм, что почти в 3 раза меньше измеренной величины уменьшения ИМОР. Необходимо отметить, что для определения λ менее 0,01 мм путем непосредственного измерения толщины зубьев в настоящее время не существует достаточно надежных средств, включая в том числе и зубоизмерительные приборы, ос-

нащенные микрометрическими устройствами. Значения λ , полученные при использовании приближенных формул (4) и (5), составляют 6,89 и 6,84 мкм соответственно. Вычисленная на основании полученных данных относительная погрешность составляет: при использовании формулы (4) — 4,4 %, формулы (5) — 5,1 %. В практике такие погрешности, как правило, вполне допустимы, что в ряде случаев делает возможным применение наиболее простой формулы (5). Однако необходимо учитывать, что с изменением исходных условий изменяются и величины погрешностей. Поэтому в каждом конкретном случае рекомендуется оценивать возможности использования приближенных формул с учетом требований, предъявляемых к точности определения толщины обработанного слоя.

Помимо более широких возможностей точного определения толщины обработанного слоя, другим преимуществом описанного метода является высокая производительность измерения: за один оборот зубчатого колеса в паре с измерительным обеспечивается получение представления о величине и характере изменения толщины обработанного слоя на всех зубьях сразу. Дополнительное удобство при этом создает наличие записывающего устройства, обеспечивающего более точный анализ результатов измерений. Весьма важным преимуществом метода является также одновременное получение результатов измерения колебания ИМОР, дающих комплексное представление о точности зубчатых колес.

Список литературы

1. Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи внешнего зацепления/И. А. Болотовский, Б. И. Гурьев, В. Э. Смирнов, Б. И. Шендерей. М.: Машиностроение, 1974. 160 с.
2. Кудрявцев В. Н. Зубчатые передачи. М.; Л.: Машгиз, 1957. 264 с.
3. Тайц Б. А. Точность и контроль зубчатых колес. М.: Машиностроение, 1972. 368 с.

УДК 621.941.0.25.7

Режущие свойства резцов, оснащенных безвольфрамовыми твердыми сплавами

Инж. С. В. ГРУБЫЙ, канд. техн. наук Е. К. ЗВЕРЕВ

В практике применяют резцы, оснащенные безвольфрамовыми твердыми сплавами (БВТС), особенности эксплуатации которых еще недостаточно изучены. В целях определения режущих свойств этих резцов выполнены лабораторные (МВТУ им. Н. Э. Баумана, ЗИЛ) и производственные исследования.

Опыты проводили на заготовках-валах ($D = 90 \div 120$ мм; $l = 250 \div 320$ мм), штангах ($D = 260 \div 320$ мм; $l = 1000 \div 1300$ мм) из сталей марок 20, 45, 55ПП, 60, 12Х2Н4А, 25ХГМ, 25ХГНМТ, 40Х, 40ХШ, 40ХСШ. В экспериментах применяли токарные сборные проходные резцы конструкции ЗИЛ с механическим креплением

Геометрические параметры, градусы					Обозначение режущей пластины	Значения постоянных и показателей степеней для сил резания (Н)											
						P_z				P_y				P_x			
						C_p	n_p	x_p	y_p	C_p	n_p	x_p	y_p	C_p	n_p	x_p	y_p
7	-7	90 45 45	10 45 27	8 3 6	02114-100412 03114-150412 10114-110416	1658,1 1391,9 1423,3	0,10 0,06 0,03	0,93 0,94 0,89	0,74 0,68 0,68	989,7 773,9 1046,2	0,16 0,09 0,20	0,45 0,87 0,87	0,78 0,52 0,66	766,3 503,8 500,0	0,23 0,08 0,22	1,02 1,00 1,00	0,59 0,42 0,52

типа косая тяга (рис. 1) сменных многогранных пластин шестигранной формы с углом 80° (неправильной трехгранной) 02114-100412 ГОСТ 19048-80 ($\varphi=90$ и 60°), квадратной формы 03114-150412 ГОСТ 19052-80 ($\varphi=45^\circ$) и пятигранной формы 10114-110416 ГОСТ 19065-80 ($\varphi=45^\circ$) из БВТС марок КНТ16 и ТН20. Безвольфрамовые сплавы сравнивали по режущим свойствам со сплавом Т15К6. Эксперименты выполняли на универсальных и специальном станках при непрерывном наружном продольном точении заготовок. Параметры износа измеряли специальным оптико-механическим устройством без снятия резца со станка, составляющие силы резания регистрировали динамометром УДМ-600.

Силовые исследования предусматривали изучение влияния режимов резания, изнашивания, формы пластин, инструментального и обрабатываемого материалов; СОЖ — Уркинол-1 5 %-ной концентрации. Зависимости влияния режимов резания на составляющие силы для резцов с пластинами различных форм из сплава КНТ16 при точении стали 40Х (нормализованной) аппроксимированы уравнениями вида

$$P = C_p v^{-n_p} t^x p_s^y p_r,$$

значения постоянных и показателей степеней которых приведены в табл. 1. Из таблицы следует,

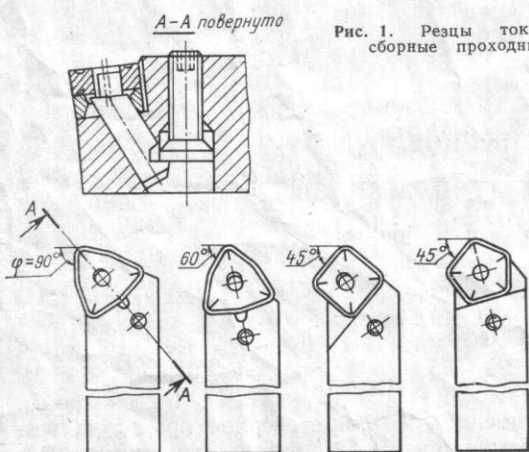


Рис. 1. Резцы токарные сборные проходные

что форма режущих пластин и геометрические параметры резцов оказывают существенное влияние на силы резания. При точении различных сталей в нормализованном состоянии силы изменяются незначительно. В табл. 2 приведены значения коэффициентов K_p , учитывающих влияние обрабатываемого металла. Для легированных сталей различных групп однозначное соответствие между механическими свойствами и измеряемыми силами не отмечается. Вид термической обработки стали оказывает заметное влияние на силы резания (табл. 3). Максимальные составляющие силы резания характерны для заготовок сталей с высокими механическими характеристиками (подвергнутых закалке и отпуску). Процесс резания при этом сопровождается пластической деформацией вершины режущей пластины и интенсивным изнашиванием. Поэтому использование резцов из БВТС при обработке сталей с высокими механическими свойствами ($\sigma_b > 800$ МПа) является нецелесообразным. Применение СОЖ снижает силы резания и сохраняет интенсивность влияния режимов резания и износа на их величину [1]. Сравнение сил резания показывает, что составляющие силы резания на 4—7 % меньше для резцов из сплава ТН20 по сравнению с резцами из сплава КНТ16, а для БВТС не превышают соответствующих значений для сплава Т15К6.

Влияние износа на силы резания имеет сложный характер, связанный как с образованием площадки h_3 на задних поверхностях резца, так и с развитием лунки на передней поверхности [1]. Интен-

Таблица 2

Сталь	σ_b , МПа	НВ	δ , %	Значения K_p для сил резания		
				P_z	P_y	P_x
20	465—480	126—132	23,5—24,0	0,90	1,00	0,99
45	615—620	182—190	17,0—17,5	1,00	1,04	1,03
55ПП	620—640	175—183	12,0—13,5	1,01	1,00	1,02
60	690—700	190—195	12,5—14,0	1,02	1,02	1,03
12Х2Н4А	630—652	178—185	23,5—24,0	0,87	1,01	1,04
25ХГМ	630—660	187—190	17,5—19,0	0,97	1,11	1,10
25ХГНМТ	680—731	167—177	18,0—20,0	0,98	1,09	1,19
40ХШ	637—710	202—208	19,8—20,3	1,10	1,04	1,06
40ХСШ	683—755	205—217	11,2—16,5	1,12	1,02	1,07
40Х	755—800	217—223	15,2—18,0	1,00	1,00	1,00

Сталь	Термообработка	σ_B , МПа	НВ	δ , %	Коэффициенты и показатели для сил резания		
					P_z	P_y	P_x
40X	Нормализация	755—800	217—223	15,2—18,0	1,00/0,36	1,00/1,39	1,00/1,18
	Отжиг	638—685	187—197	18,0—22,0	1,03/0,36	1,01/1,39	0,97/1,18
	Закалка, отпуск 600°C	840—856	277—285	19,2—22,0	1,13/0,48	1,21/1,76	1,15/1,60
	То же 500°C	920—955	298—306	12,8—16,8	1,11/0,48	1,21/2,25	1,13/1,96
	То же 400°C	1000—1080	389—399	11,2—16,8	1,30/0,59	1,50/3,81	1,37/3,64

Примечание. В числителе приведены значения K_p , в знаменателе — z_p .

сивность увеличения сил с возрастанием износа задних поверхностей реза различается для каждой марки обрабатываемой стали и зависит от вида ее термической обработки. Однако для сталей различных марок в нормализованном состоянии или после отжига справедливы усредненные значения интенсивности влияния износа на силы резания.

Получены обобщенные зависимости для расчета сил резания при точении исследованных марок сталей резами с пластинами КНТ16:

$$P = C_p v^{-n} t^x p_s^y P (1 + h_a)^2 P K_p, \quad (1)$$

где значения постоянных, коэффициентов и показателей степеней приведены в табл. 1—3.

Изучение вида и характера износа резов, оснащенных БВТС, показало [1, 2], что износ, характеризующийся образованием лунки на передней поверхности и площадки на задних поверхностях с постепенным увеличением линейных параметров, наблюдается в диапазоне $s=0,1 \div 0,45$ мм/об. При этом в начальный период резания площадка износа резко увеличивается и достигает 0,2 мм, затем происходит плавное нарастание износа с равномерной интенсивностью. Изнашивание резов сопровождается осыпанием и последующим выкрашиванием режущих кромок. Катастрофический износ, вызывающий полоски пластин, наступает в результате интенсивного разрушения режущих кромок при $h_a=0,55 \div 0,65$ мм.

При обработке сталей на интенсивных режимах в результате концентрации теплоты и значительных контактных нагрузок наблюдается заметная пластическая деформация режущего клина пластин. Изменение формы клина характеризуется опусканием передней и выпучиванием задней поверхностей. Геометрические размеры формы деформированного режущего клина безвольфрамовых пластин, а также распределение микротвердостей деформированной области достаточно изучены [3]. В исследованных условиях пластическая деформация пластин из сплава КНТ16 наблюдалась при $v > 1,7$ м/с и $s > 0,4 \div 0,45$ мм/об. Отмечалось, что пластическая деформация режущего клина приводила к увеличению интенсивности изнашивания пластин и уменьшению их стойкости. Влияние пластической деформации на изнашивание учитывалось путем измерения h_a от первоначального положения режущей кромки, что позволило установить единые стойкостные зависимости для исследованных диапазонов режимов резания.

Изучение износа резов в лабораторных и производственных условиях с учетом роста поломок и сколов с увеличением h_a позволило рекомендовать в качестве критерия допустимого износа площадку по задней поверхности пластин, равную 0,5 мм для сплава КНТ16 и 0,3 мм для сплава ТН20.

Сопоставляли стойкости резов из БВТС и сплава Т15К6 при непрерывном точении стали 45 резами с пластинами квадратной формы ($\varphi=45^\circ$). Наибольшую стойкость имеют резы с пластинами из сплава ТН20 (рис. 2). Пластины из сплавов КНТ16 и Т15К6 по стойкости существенно не различаются. Однако исследования по прерывистому точению (заготовки типа шлицевых валов) [2] показывают, что стойкость пластин из сплава Т15К6 в этих условиях значительно превышает стойкость пластин ТН20. Пластины из сплава КНТ16 занимают промежуточное положение, приближаясь к свойствам пластин Т15К6. Сплав КНТ16 наиболее целесообразен из марок БВТС для практического применения в условиях поточно-массового производства.

Влияние режимов резания на стойкость исследовалось при непрерывном точении сталей 45, 60, 25ХГНМТ резами с пластинами шестигранной формы с углом 80° ($\varphi=90^\circ$) из сплава КНТ16.

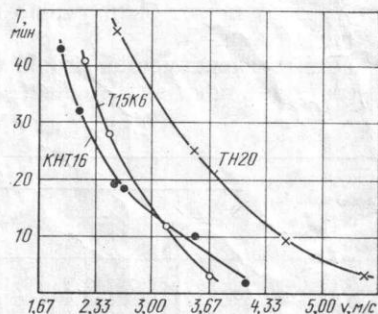


Рис. 2. Влияние скорости резания на стойкость при точении резами с пластинами различных сплавов ($t=1,5$ мм; $s=0,4$ мм/об)

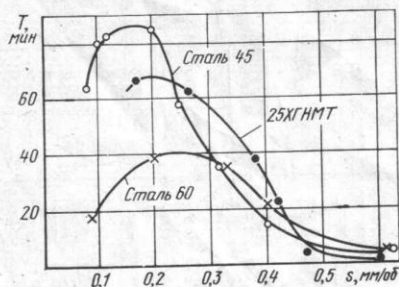


Рис. 3. Влияние подачи на стойкость при точении различных сталей резцами с пластинами из сплава КНТ16 ($t=2,5$ мм; $v=2,0$ м/с)

Установлены общие закономерности стойкостных зависимостей: кривые стойкость — скорость, стойкость — подача, стойкость — глубина носят немонотонный характер. Изменение скорости резания в пределах $v=0,4\div 5,5$ м/с приводит к изменению интенсивности ее влияния на стойкость. В определенных условиях возможно существование минимумов и максимумов стойкости. Участки стойкостных кривых с монотонным характером располагаются в зоне рациональных скоростей резания:

$$v \geq 1,22s^{-0,37}; \quad v \geq 2,08t^{-0,23} \quad (2)$$

Влияние подачи на стойкость при обработке сталей исследованных марок имеет экстремальный характер (рис. 3). Максимум стойкости наблюдается при подачах 0,2—0,3 мм/об, с увеличением s до 0,5—0,6 мм/об отмечается заметная пластическая деформация режущего клина пластин. При применении СОЖ сохраняется вид и характер стойкостных зависимостей. Стойкость резцов увеличивается, особенно в зоне больших подач, за счет уменьшения пластической деформации режущего клина. Применение СОЖ позволяет несколько расширить рабочие диапазоны режимов резания, и в первую очередь скорости. Однако увеличение подачи и глубины до значений, превышающих 0,6 мм/об и 4 мм, даже при использовании СОЖ является нецелесообразным вследствие ограничений по прочности пластин. Влияние СОЖ на стойкость резцов может быть учтено поправочными коэффициентами.

Анализ частных зависимостей влияния режимов резания на стойкость показал, что наиболее точно

они могут быть описаны степенными и показательными уравнениями. Коэффициенты и показатели степеней уравнений определялись аналитическими методами, предложенными в работе [4]. Обобщенные формулы для T (мин) и v (м/с) получены объединением частных зависимостей с учетом дополнительных факторов поправочными коэффициентами

$$T = \frac{C_T s^{b_2}}{v^{1/m_1 b_1} e^{(c_1 t + c_2 s)}} (1,5 - h_3)^{z_1} K_1; \quad (3)$$

$$v = \frac{C_D s^{b_4}}{T^{m_2 b_3} e^{(c_3 t + c_4 s)}} (1,5 - h_3)^{z_2} K_2 K_3, \quad (4)$$

где при использовании СОЖ $K_1=1,2; 1,8; 2,5$ для подач 0,2; 0,4; 0,5 мм/об соответственно; $K_2=1,0; 1,07; 1,25; 1,29$ — для резцов с пластинами шестигранной формы с углами 80° ($\varphi=90$ и 60°), квадратной и пятигранной форм соответственно; $K_3=1,38$ — для ТН20.

Значения постоянных и показателей степеней уравнений (3) и (4) для различных сталей приведены в табл. 4 и действительны при $t=0,5\div 4,0$ мм, $s=0,1\div 0,6$ мм/об, $h_3=0,25\div 0,6$ мм. Скорость резания в уравнении (3) назначается в диапазоне значений (2), стойкость в уравнении (4) в пределах 10—45 мин. Анализ уравнения (3) показывает, что в диапазоне $s=0,1\div 0,5$ мм/об и $t=0,5\div 4,0$ мм стойкость резцов изменяется в пределах 10—60 мин. С уменьшением скорости резания кривые равной стойкости смещаются в зону больших глубин резания и подач, однако диапазон рациональных режимов резания сокращается в соответствии с выражением (2). Применение резцов из БВТС целесообразно в пределах $v=1,67\div 3,0$ м/с. В указанном диапазоне выбором соответствующей скорости и подачи или глубины будет обеспечено заданное значение стойкости резцов.

Практическое применение резцов с пластинами из БВТС в условиях поточно-массового производства [2] показывает, что эффективная их эксплуатация возможна при рациональном выборе условий работы. Наиболее целесообразным является применение пластин из сплава КНТ16, имеющих большую прочность и эксплуатационную надежность, чем пластин из сплава ТН20. Характерная особенность при использовании резцов с пластинами из сплава КНТ16 — увеличение случаев сколов и выкрашиваний режущих кромок по срав-

Таблица 4

Обрабатываемый материал	Значения постоянных и показателей степеней												
	m	C_T	b_1	b_2	c_1	c_2	z_1	C_D	b_3	b_4	c_3	c_4	z_2
45, НВ 184—196	0,260	5570743,2	0,147	2,408	0,468	16,68	5,299	56,76	0,038	0,626	0,121	4,337	1,228
60, НВ 180—190	0,333	52590,0	0,147	1,357	0,468	7,664	4,375	37,2	0,049	0,452	0,156	2,552	1,652
25ХГНМТ, НВ 167—177	0,250	4644909,3	0,147	2,542	0,468	14,42	2,870	46,42	0,037	0,636	0,117	3,605	1,157

нению с пластинами из Т15К6, однако в ряде случаев при этом отмечается увеличение их средней стойкости. Полученный опыт свидетельствует о возможности применения резцов с пластинами из БВТС в поточно-массовом производстве на операциях непрерывного точения заготовок с равномерным припуском при наличии жесткого оборудования и оснастки.

Проведенные исследования режущих свойств резцов из БВТС позволяют осуществить выбор режимов резания и условий, обеспечивающих положительные результаты при практическом применении резцов в производстве.

УДК 621.919.2

Координатное протягивание перекрывающихся отверстий

Канд. техн. наук Ю. П. ХОЛМОГОРЦЕВ

В системе смазки тракторов Т100МЗ и Т130 используются шестеренные масляные насосы, состоящие из нагнетательной и двух откачивающих секций. Корпуса секций — из чугуна СЧ 18 (НВ 170—229). Для установки шестерен в корпусах предусмотрены (рис. 1) перекрывающиеся отверстия с параллельными осями $\varnothing 50$ Н8^{+0,039} мм и длиной 19 и 50 мм. Требуемый параметр шероховатости поверхностей отверстий $Ra \leq 5$ мкм. С боковых сторон в местах соединения отверстий располагаются полости А для впуска и выпуска масла.

Увод осей отверстий, отклонение от их параллельности и перпендикулярности базовым поверхностям, смещение их относительно базовых отверстий $\varnothing 10$ Н9 (+0,03) мм приводит к нарушению зацепления и работы шестерен и снижает производительность насосов. В связи с этим в ТУ оговаривается отклонение от перпендикулярности осей отверстий $\varnothing 50$ Н8 мм базовым поверхностям дета-

лей и расположение их относительно базовых отверстий $\varnothing 10$ Н9 мм.

Технологическим процессом обработки корпусов секций предусматривалась обработка базовых поверхностей и отверстий $\varnothing 10$ Н9 мм, затем предварительное и окончательное зенкерование перекрывающихся отверстий до размеров $\varnothing 474$ и $\varnothing 49$ Н11 соответственно. После этого следовали операции черновой и чистовой тонкой расточки в окончательный размер $\varnothing 50$ Н8 мм. Операции выполняли на алмазнорасточных станках твердосплавными резцами. Прерывистый контакт инструмента с обрабатываемой поверхностью приводил к динамическим эффектам в момент врезания и выхода инструмента, что вызывало изменение упругих деформаций борштанги, возникновение дополнительных погрешностей отверстий и снижение стойкости инструментов.

В связи с этим на Челябинском тракторном заводе имени В. И. Ленина разработан и внедрен процесс координатного протягивания, осуществляемый с помощью сборной протяжки (рис. 2) и приспособления координирующего ее положение относительно обрабатываемой детали.

Сборная протяжка состоит из двух круглых протяжек 1, расстояние между осями которых равно межосевому расстоянию обрабатываемых отверстий. По всей длине рабочей части вдоль осей протяжек, в местах их соединения между собой, выполнены фрезерованием и последующим шлифованием плоскости (лыски), параллельные осям. Отклонение осей протяжек в плоскости, перпендикулярной плоскости их разреза допускается не более 0,01 мм. Протяжки центрируют и скрепляют между собой с помощью призонных болтов 8 диаметром 10 мм и гаек. В связи со сравнительно боль-

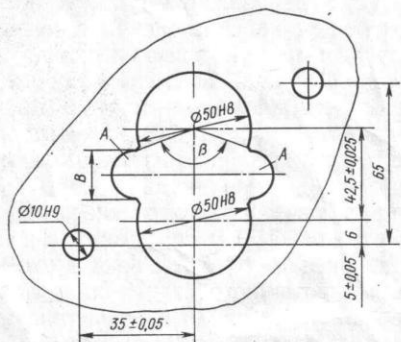


Рис. 1. Схема взаимного расположения отверстий в корпусе секции масляного насоса

Список литературы

1. Грубый С. В. Особенности точения стали резцами из безвольфрамовых твердых сплавов.— Обработка резанием. Технология, оборудование, инструмент. М.: НИИ-маш, 1982, вып. 7, с. 12—15.
2. Исследование и применение резцов, оснащенных безвольфрамовыми твердыми сплавами/С. В. Грубый, Л. Б. Цейтлин, Е. К. Зверев, В. Д. Колесниченко.— Технология автомобилестроения, 1982, № 7, с. 23—26.
3. Бобров В. Ф., Иванов В. В. Режущие свойства титановых твердых сплавов при непрерывном точении углеродистых и легированных конструкционных сталей.— Вестник машиностроения, 1979, № 2, с. 53—56.
4. Грановский Г. И. Обработка результатов экспериментальных исследований резания металлов.— М.: Машиностроение, 1982. 112 с.