

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ НА КРУПНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Мироненко Е. В.

Приведено описание конструкций, результаты экспертных исследований и сравнительных производственных испытаний сборных резцов для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках. Для сравниваемых конструкций резцов получены фактические значения обобщенного показателя качества, соотношение видов отказов, безотказности, долговечности, ремонтпригодности и удельного расхода твердого сплава. Предложена конструкция сборного резца, обеспечивающая повышение производительности, сокращение затрат на изготовление и эксплуатацию.

Наведено опис конструкцій, результати експертних досліджень і порівняльних виробничих випробувань збірних різців для чорнкової обробки конструкційних сталей на великих токарних верстатах. Для порівнюваних конструкцій різців отримані фактичні значення узагальненого показника якості, співвідношення видів відмов, безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності і питомої витрати твердого сплаву. Запропонована конструкція збірного різця, що забезпечує підвищення продуктивності, скорочення витрат на виготовлення та експлуатацію.

The paper describes the design, the results of expert studies and comparative production testing teams of cutters for roughing structural steels for large lathes. For comparable structures cutters to get the actual value of the generalized indicator of quality, the ratio of failures, reliability, durability, maintainability, and specific consumption of tungsten carbide. The design of a modular tool that provides increased productivity, reduced costs of construction and operation.

Мироненко Е. В.

д-р техн. наук, проф. ДГМА,
m426@list.ru

ДГМА – Донбаская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.9

Мироненко Е. В.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ НА КРУПНЫХ ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

На основании анализа структуры свойств, составляющих качество режущего инструмента, сформулированы основные требования, предъявляемые к конструкции сборного резца для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках: конструкция должна отличаться высокими показателями безотказности, долговечности, ремонтпригодности и технологичности [1, 2]. Для решения поставленных задач был проведен комплекс экспертных исследований и производственных испытаний различных конструкций сборных резцов. Ниже приводятся анализ конструкций сборных резцов.

По результатам экспресс-оценки были отобраны пять конструкций сборных резцов, в наибольшей степени приспособленных для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках. Во всех конструкциях применена перетачиваемая режущая пластина повышенной прочности, полученная из твердосплавной заготовки по ТУ48-19 -373-83 с угловой выемкой под прихват. Ниже приводится описание этих конструкций [3, 4].

На рис. 1 показано сечение рабочей части сборного резца по авторскому свидетельству № 1144784 [1] (конструкция 1). Резец состоит из державки 1, режущей пластины 6, прихвата 2, опорной пластины 8, крепежного винта 3, сменной регулировочной прокладки 4 и пружинного штифта 9. Прихват снабжен рифлениями 11, контактирующими своими поверхностями 13, обращенными в сторону упорного выступа 5, с поверхностями 10 рифлений 12 державки. Упорный выступ контактирует с упорной поверхностью 7 выемки державки (после переточек – посредством прокладок 4).

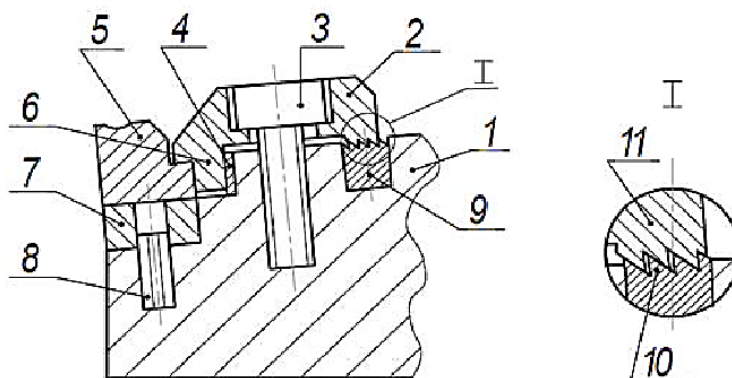


Рис. 1. Сборный резец по авторскому свидетельству № 1201064 (конструкция 2)

Закрепление режущей пластины осуществляется аналогично конструкции 1. Конструкция 2 отличается от конструкции 1 тем, что на первой рифления выполнены на державке, а на второй – на сменном элементе, установленном в державке с возможностью поворота вокруг своей оси. Сменный элемент при закреплении режущей пластины компенсирует погрешности изготовления деталей резца и обеспечивает линейный контакт между прихватом и опорной поверхностью угловой выемки режущей пластины.

На рис. 2 показано сечение рабочей части сборного резца по а. с. № 1000160 [3] и № 1201064 [2] (конструкция 3). Резец состоит из державки 1, режущей пластины 5, прихвата 2, опорной пластины 7, сменного цилиндрического элемента 10, цилиндрического вкладыша 9, крепежного винта 3 со сферической головкой, регулировочных прокладок 4 и пружинного штифта 8.

Прихват 2 снабжен рифлениями 12, контактирующими с рифлениями 11 сменного элемента 10. Упорный выступ 6 прихвата 2 контактирует с упорной поверхностью гнезда державки 1 (после переточек – посредством прокладок 4). Крепежный винт 3 ввинчивается в цилиндрический вкладыш 9, установленный в державке 1 с возможностью поворота вокруг своей оси.

Закрепление режущей пластины осуществляется аналогично конструкциям 1 и 2. При перемещении прихвата 2 после переточек режущей пластины винт 3 поворачивается вместе с цилиндрическим вкладышем 9.

На рис. 3 показано сечение рабочей части сборного резца по а. с. № 1232384 [4] (конструкция 4). Резец состоит из державки 1, режущей пластины 9, прихвата 5, опорной пластины 11, крепежного винта 6, сферического промежуточного элемента 2, регулировочных прокладок 4 и 8, пружинного штифта 12.

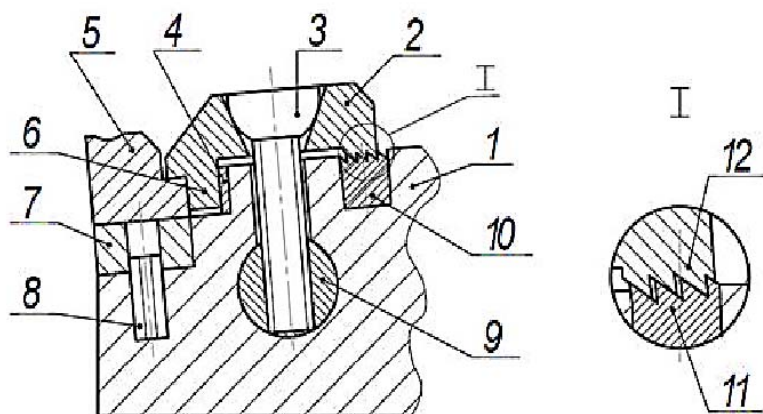


Рис. 2. Сборный резец по авторским свидетельствам №1000160 и 1201064 (конструкция 3)

Прихват снабжен упорным выступом 10, контактирующим с режущей пластиной 9 и уступом 7 державки. С другой стороны прихват поверхностью 3 контактирует с уступом 7 державки через сферический промежуточный элемент 2 и прокладки 4.

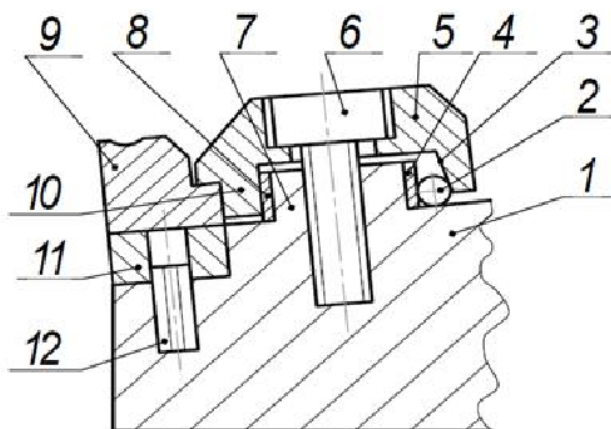


Рис. 3. Сборный резец по авторскому свидетельству № 1232384 (конструкция 4)

При завинчивании винта 6 прихват 5 взаимодействует своими контактными поверхностями с режущей пластиной 9 и уступом 7 державки 1. Поверхность 3 прихвата взаимодействует с промежуточным элементом 2, который прижимает прокладки 4 к уступу 7 державки, при этом обеспечивается самоустановка контактных поверхностей прихвата по соответствующим поверхностям режущей пластины и их дополнительный поджим к уступу 7 державки. Регулировка положения режущей пластины после переточек осуществляется прокладками 4 и 8.

На рис. 4 показано сечение рабочей части сборного резца по а. с. № 1282969 [5] (конструкция 5). Резец состоит из державки 1, режущей пластины 13, прихвата-стружколома 6, опорной пластины 14, крепежного винта 8, пружинного штифта 15. Прихват-стружколом снабжен эксцентрично расположенными относительно оси 7 прижимными участками 10 и 3, состоящими соответственно из стружколомающих поверхностей 9 и 5 с различными углами наклона γ_1 и γ_2 , прижимных поверхностей 11 и 4, выступов с упорными поверхностями 12 и 2. Упорной поверхности 12, имеющей меньшее удаление b_2 от оси 7, соответствует стружколомающая поверхность 9 с меньшим углом наклона γ_1 , а упорной поверхности 2, имеющей большее удаление b от оси 7 – стружколомающая поверхность 5 с большим углом наклона γ_2 . Увеличение угла наклона γ_2 поверхности 5 по отношению к углу наклона γ поверхности 9 пропорционально увеличению удаления b_2 упорной поверхности 2 по отношению к удалению b_1 упорной поверхности 12.

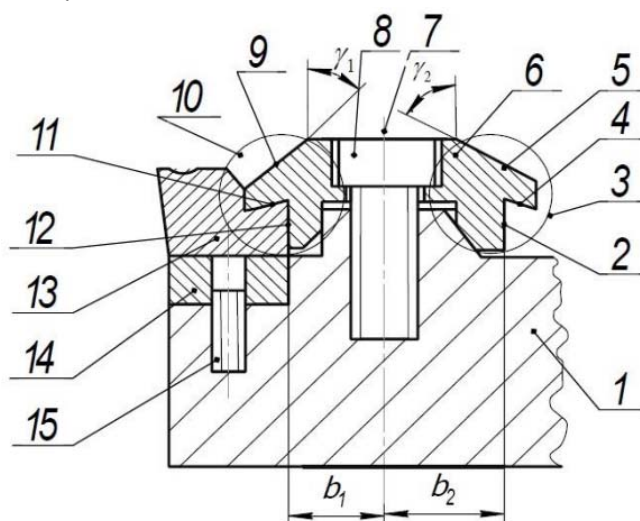


Рис. 4. Сборный резец по авторскому свидетельству № 1282969 (конструкция 5)

При завинчивании винта 8 прижимной участок 10, прихвата-стружколома 6, своими прижимной 11 и упорной 12 поверхностями взаимодействуют с соответствующими поверхностями режущей пластины 13. При этом режущая пластина своей опорной поверхностью прижимается через опорную пластину 14 к опорной поверхности гнезда державки 1. После переточки режущей пластины прихват-стружколом разворачивается на 180° , обеспечивая перемещение режущей пластины на величину $(b_2 - b_1)$, а так как $\gamma_2 > \gamma_1$, обеспечивается постоянство расстояния от главной режущей кромки до стружколомающей поверхности.

Существенным недостатком конструкций 1–4 является то, что в них применяется так называемый «нижний упор» – при закреплении режущая пластина упирается в упорный выступ своей нижней упорной поверхностью, а между ее верхней упорной поверхностью и прижимным участком прихвата остается зазор. Под действием радиальной составляющей силы резания P_y возникает опрокидывающий момент $M_1 = P_y l_1$ (l_1 – расстояние по вертикали между P_y и ее реакцией R_{y1} , рис. 5, а), который может привести к поломке режущей пластины по уступу, так как между верхней упорной поверхностью пластины и прижимным участком прихвата отсутствует плотный контакт.

В конструкции 5 применяется так называемый «верхний упор» – при закреплении режущая пластина упирается своей верхней упорной поверхностью в упорную поверхность прижимного участка прихвата [6]. При этом расстояние по вертикали l между радиальной составляющей силы резания P_y и ее реакцией R_{y2} значительно меньше, чем в конструкциях 1–4 (см. рис. 5, б). Соответственно и опрокидывающий момент $M_2 = P_y l_2$ значительно меньше опрокидывающего момента M_1 . Так как между верхней упорной поверхностью пластины и упорной поверхностью прижимного участка прихвата имеется плотный контакт и $M_2 < M_1$, поломка пластины по уступу становится маловероятной.

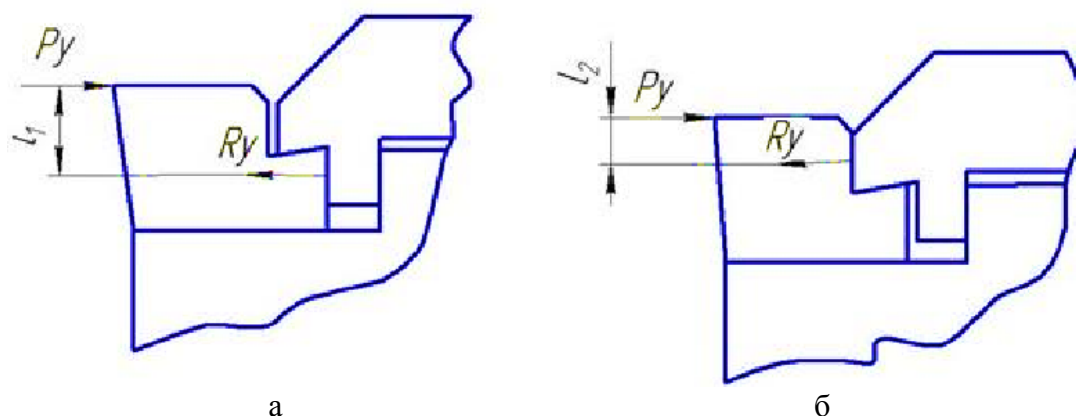


Рис. 5. Схемы базирования режущей пластины:
а – нижний упор; б – верхний упор

Экспертные исследования конструкций сборных резцов.

Целью исследований является изучение свойств, составляющих качество сборных резцов для заданных условий эксплуатации, оценка их весомости и определение обобщенных показателей качества конкурирующих конструкций инструмента [7].

В табл. 1 приведены весомости показателей качества и их признаков для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках с $D = 1000$ мм ($H = 50$ мм), определенные методом групповой открытой экспертизы. Для указанных условий самым важным свойством резцов является прочность и жесткость конструкции (весомость 0,4), которые определяются формой поперечного сечения и сплошностью режущей пластины, схемами крепления и базирования режущей пластины, наличием твердосплавной или быстрорежущей опорной пластины, числом сопрягаемых поверхностей.

Таблица 1

Весомости показателей качества и их признаков для сборных резцов $H = 50$ мм

Единичные показатели качества	Признаки единичных показателей качества	Весомости признаков		Весомость единичных показателей качества
		отдельно	итоговая	
Прочность и жесткость	Форма поперечного сечения пластин	0,24	0,096	0,40
	Сплошность пластины	0,18	0,072	
	Схема сил крепления пластины	0,18	0,072	
	Схема базирования по упорной поверхности	0,16	0,064	
	Наличие опорной пластины	0,15	0,06	
	Число сопрягаемых поверхностей	0,09	0,036	
Ремонтопригодность	Удобство закрепления	0,64	0,109	0,17
	Удобство регулирования	0,36	0,061	
Универсальность	Число марок твердых сплавов	0,40	0,048	0,12
	Число форм передней поверхности	0,60	0,072	
Износостойкость	Характеристика узла стружкообразов.	0,62	0,037	0,06
	Свойства материала элементов конструкции	0,38	0,023	
Технологичность	Число деталей	0,43	0,108	0,25
	Число сложных деталей или поверхностей	0,57	0,142	

В связи с относительно невысокой стоимостью крупных станков и станкочаса их работы по сравнению со стоимостью инструмента, весомость технологичности конструкции резцов, выпускаемых малыми партиями, является достаточно высокой (весомость 0,25)

Достаточно важным свойством является ремонтпригодность конструкции, определяемая удобством закрепления и регулирования режущей пластины (весомость 0,17).

Резцы $H = 50$ мм являются инструментом широкого назначения, поэтому универсальность конструкции выделена в отдельное свойство (весомость 0,12). Она определяется возможностью подбора марки твердого сплава и формы передней поверхности пластины в зависимости от условий эксплуатации.

Так как оценивается конструкция инструмента, а последняя мало влияет на износостойкость режущей пластины (только через твердость и теплопроводность инструментального материала), весомость износостойкости существенно ниже весомости других свойств (всего 0,06).

В табл. 2 приведены оценки признаков свойств сборных резцов для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках. Из таблицы следует, что такие признаки прочности и жесткости конструкции, как форма поперечного сечения, сплошность и схема крепления режущей пластины оценены очень высоко (4,5 балла). Все конструкции имеют достаточно высокий балл 4,0 по наличию опорной пластины, удобству закрепления пластины, возможности подбора марки сплава и формы передней поверхности пластины в зависимости от условий эксплуатации, свойствам материала элементов конструкции. Это свидетельствует о том, что все оцениваемые конструкции в целом хорошо адаптированы для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках.

Таблица 2

Оценки признаков свойств, соответствующие оцениваемым конструкциям

Единичные показатели качества	Признаки единичных показателей качества	Обозначение конструкций				
		1	2	3	4	5
Прочность и жесткость	Форма поперечного сечения пластин	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Сплошность пластины	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Схема сил крепления пластины	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Схема базирования по упорной поверхности	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0
	Наличие опорной пластины	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Число сопрягаемых поверхностей	4,5	4,0	3,5	3,5	5,0
Ремонтпригодность	Удобство закрепления	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Удобство регулирования	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Универсальность	Число марок твердых сплавов	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Число форм передней поверхности	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Износостойкость	Характеристика узла стружкообразов.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5
	Свойства материала элементов конструкции	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Технологичность	Число деталей	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
	Число сложных деталей или поверхностей	4,0	3,5	3,5	4,0	4,5

Схема базирования пластины по упорной поверхности с верхним упором (конструкция 5) оценена в 5 баллов, схема базирования с нижним упором – 3 балла (конструкции 1–4). Такой признак как число сопрягаемых поверхностей, от которого зависит жесткость конструкции, оценен от 3,5 до 5,0 баллов в зависимости от числа деталей в конструкции (от 9 до 6 соответственно).

Такие признаки как удобство регулирования и число сложных деталей или поверхностей конструкции 5 оценены в 4,5 балла благодаря оригинальной конструкции прихвата-стружколома и минимальному числу деталей в конструкции. Другие конструкции получили от 3,5 до 4,0 балла, так как отличается сложностью регулирования и большим числом деталей.

Конструкция 5 получила 4,5 балла за оригинальный узел стружколома – здесь обеспечивается постоянство расстояния от главной режущей кромки до стружколомающей поверхности. На других конструкциях это расстояние при переточках уменьшается, что может привести к пакетированию стружки в пространстве между главной режущей кромкой и стружколомающей поверхностью.

После обработки результатов экспертизы с учетом весомостей признаков были получены оценки конструкции по признакам и единичным показателям качества, а также обобщенные показатели качества оцениваемых конструкций резцов (табл. 3). Из таблицы следует, что по таким признакам прочности и жесткости как форма поперечного сечения, сплошность и схема сил крепления режущей пластины, а также по наличию опорной пластины все конструкции оценены одинаковым числом баллов. По схеме базирования пластины по упорной поверхности конструкция 5 оценена в 0,8 балла против 0,48 у всех остальных конструкций. Это объясняется наличием в конструкции 5 верхнего упора, повышающего прочность пластины. По числу сопрягаемых соединений, влияющих на жесткость, конструкция 5 оценена в 0,45 балла против 0,3–0,4 других оцениваемых

конструкций. В целом по прочности и жесткости конструкция 5 получила 1,82 балла против 1,63–1,67 у других оцениваемых конструкций.

По ремонтпригодности лучшей оказалась конструкция 5, набравшая 0,71 балла против 0,61–0,64 у других оцениваемых конструкций: в конструкции 5 регулирование положения режущей пластины после переточек осуществляется за счет поворота прихвата-стружколома на 180° , в то время как у других оцениваемых конструкций – за счет установки сменных прокладок (операция достаточно трудоемкая).

По универсальности и износостойкости сравниваемые конструкции мало чем отличаются – оценки соответственно 0,37 и 0,24–0,26 балла. Здесь следует отметить, что в конструкции 5 обеспечивается постоянство расстояния от главной режущей кромки до стружколомающей поверхности прихвата-стружколома после переточек режущей пластины по задней поверхности. В других оцениваемых конструкциях это расстояние постепенно уменьшается, что ухудшает условия стружколома и повышает изнашивание пластины по передней поверхности. Однако из-за малой весомости показателя «Износостойкость» (всего 0,06) указанный факт повысил рейтинг конструкции только на 0,02 балла. По технологичности конструкция 5 набрала 1,07 балла против 0,82–0,94 у других оцениваемых конструкций, так как она содержит наименьшее число сложных деталей и поверхностей.

Таким образом по результатам открытой экспертизы самый высокий рейтинг получила конструкция 5 с обобщенным показателем качества 4,23 балла против 3,71–3,86 у других оцениваемых конструкций.

Производственные исследования сборных резцов

Задачей настоящих исследований является определение фактических показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности сборных резцов с целью выбора базовой конструкции для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках. Для решения поставленной задачи был проведен комплекс сравнительных производственных испытаний сборных резцов, описанных выше.

Все конструкции резцов были оснащены режущими пластинами из твердого сплава Т5К10 и имели следующие основные конструктивные и геометрические параметры: рабочая высота резца $H = 50$ мм; длина режущей кромки $l = 25$ мм; главный угол в плане $\varphi = 60^\circ$; передний угол $\gamma = 10^\circ$; передний угол фаски $f = -7^\circ$; главный задний угол $\alpha = 5^\circ$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 3^\circ$; радиус при вершине $r = 1,6$ мм; радиус округления режущих кромок $\rho = 0,08$ мм.

Результаты экспертной оценки конструкций сборных резцов

Единичные показатели качества	Признаки единичных показателей качества	Обозначения конструкций														
		Конструкция 1		Конструкция 2		Конструкция 3			Конструкция 4			Конструкция 5				
		Оценка по признакам с учетом весо-мости	Оценка по свойству	Оценка с учетом весо-мости	Оценка с учетом весо-мости	Оценка по признакам с учетом весо-мости	Оценка по свойству	Оценка с учетом весо-мости	Оценка по признакам с учетом весо-мости	Оценка по свойству	Оценка с учетом весо-мости	Оценка по признакам с учетом весо-мости	Оценка по свойству	Оценка с учетом весо-мости	Оценка по признакам с учетом весо-мости	Оценка по свойству
Прочность и жесткость	Форма поперечного сечения пластины	1,08	4,18	1,67	1,08	4,14	1,65	1,08	4,10	1,64	1,08	4,09	1,63	1,08	4,55	1,82
	Сплошность пластины	0,81			0,81			0,81			0,81					
	Схема сил крепления пластины	0,81			0,81			0,81			0,81					
	Схема базирования по упорной поверхности	0,48			0,48			0,48			0,48					
	Наличие опорной пластины	0,60			0,60			0,60			0,60					
	Число сопрягаемых соединений	0,40			0,36			0,31			0,31					
Ремонтопригодность	Удобство закрепления	2,56	3,82	0,64	2,56	3,82	0,64	2,56	3,82	0,64	2,56	3,64	0,61	2,56	4,18	0,71
	Удобство регулирования	1,26			1,26			1,26			1,08			1,62		
Универсальность	Число марок твердых сплавов	1,60	3,10	0,37	1,60	3,10	0,37	1,60	3,10	0,37	1,60	3,10	0,37	1,60	3,10	0,37
	Число форм передней поверхности	1,50			1,50			1,50			1,50					
Износостойкость	Характ. узла стружкозавивания	2,48	4,10	0,24	2,48	4,10	0,24	2,48	4,10	0,24	2,48	4,10	0,24	2,79	4,31	0,26
	Свойства материала элементов конструкции	1,52			1,52			1,52			1,52					
Технологичность	Число деталей	1,50	3,78	0,94	1,50	3,49	0,87	1,29	3,28	0,82	1,29	3,57	0,89	1,72	4,28	1,07
	Число сложных деталей или поверхностей	2,28			1,99			1,99			2,28			2,56		
Обобщенный показатель качества				3,86		3,77		3,71		3,74		4,23				

Испытания проводились в условиях ПАО НКМЗ на токарных станках модели 165 при черновом наружном точении заготовок из сталей 45, 9ХФ, 38Х2Н2МА (корка, окалина, неравномерный припуск). Режимы резания: глубина резания $t = 10\text{--}18$ мм, подача $S = 0,8\text{--}1,5$ мм/об; скорость резания $v = 50\text{--}70$ м/мин.

В процессе испытаний фиксировали условия испытаний, время работы до отказа и вид отказа. В качестве критериев отказа были приняты: износ по главной задней поверхности $h_3 = 1,5$ мм; выкрашивания главной режущей кромки $\geq 1,0$ мм; поломка режущей пластины или других элементов резца, требующая прекращения процесса резания. Кроме того, фиксировали время восстановления (по элементам конструкций резца), характер процесса резания (наличие вибраций, тип стружки и др.), замечания станочника по удобству обслуживания резцов.

В результате испытаний было получено более 100 реализаций периода стойкости, в том числе для каждой конструкции – не менее 18. Результаты испытаний приведены в табл. 4–6.

Несмотря на то что, во всех конструкциях резцов применяется пластина с уступом под прихват из одной марки твердого сплава, геометрические и конструктивные параметры резцов ничем не отличались, лучшей оказалась конструкция 5. Она отличается наиболее высокими показателями прочности и жесткости (полное отсутствие поломок пластины), безотказности (наибольший средний и гамма-процентный периоды стойкости), стабильности работы (наименьший коэффициент вариации стойкости), долговечности (наибольшие среднее число периодов стойкости и средний полный период стойкости), ремонтпригодности (минимальное среднее время восстановления), удобства обслуживания (минимальное число недостатков, выявленных при испытаниях), удельного расхода твердого сплава.

Таблица 4

Условия и результаты производственных испытаний резцов

Наименование параметра		Обозначение конструкции резцов				
		1	2	3	4	5
Средняя глубина резания, мм		15,0				
Средняя величина подачи, мм/об		1,36				
Средняя скорость резания, м/мин		59,0				
Объем выборки		19	19	19	18	23
Удельн. расход тв. сплава, кг/мм			0,46	0,47	0,51	0,32
Соотношение видов отказов, %	изнашивание	58	53	63	50	83
	выкрашивание	16	21	16	22	17
	поломка	26	26	21	28	0
Средний период стойкости, мин		25,4	23,1	23,0	22,1	31,4
Доверительный интервал, мин		$\pm 3,4$	$\pm 2,9$	$\pm 3,0$	$\pm 3,6$	$\pm 3,1$
Коэф. вариации стойкости		0,41	0,47	0,48	0,48	0,27
Закон распределения		Вейбулла-Гнеденко				Норм
Гамма-процентный период стойкости $T_{\alpha 0}$, мин			16,0	14,8	11,2	23,5
Средн. число периодов стойк.		3,8	3,8	3,8	3,6	4,6
Средн. полный период стойкости, мин		96,5	87,8	87,4	79,5	144,4

Усовершенствование конструкции обеспечило рост среднего периода стойкости в 1,2–1,4 раза, уменьшение коэффициента вариации стойкости в 1,5–1,7 раза, увеличение гамма-процентного периода стойкости T в 1,5–2,0 раза (см. табл. 4). Влияние метода базирования режущей пластины на надежность инструмента определяется в первую очередь изменением структуры отказов: если для резцов с нижним упором (конструкции 1–4) имело место 21–28 % поломок, то для резца с верхним упором (конструкция 5) поломки были полностью ликвидированы. Полная ликвидация поломок привела к увеличению среднего числа периодов

стойкости в 1,2–1,3 раза, в результате чего средний полный период стойкости, являющийся произведением среднего числа периодов стойкости на средний период стойкости, увеличился в 1,5–1,8 раза. Благодаря улучшению показателей безотказности и долговечности конструкция 5 обеспечивает уменьшение расхода твердосплавных пластин в 1,5–1,8 раз.

Для анализа причин поломок режущих пластин с нижним упором, были проведены исследования напряженно-деформированного состояния конструкций резцов методом конечных элементов [8]. В результате расчетов установлено, что при нижнем упоре режущей пластины в области ее наименьшего поперечного сечения (в области уступа под прихват) возникают большие нормальные растягивающие напряжения (1, рисунок 7а), которые могут привести к поломке пластины.

При изменении схемы базирования пластины на схему с верхним упором, зона действия максимальных напряжений смещается в область с наибольшим поперечным сечением пластины (2, рис. 6, б). Подобное перераспределение нормальных растягивающих напряжений снижает вероятность поломки пластины.

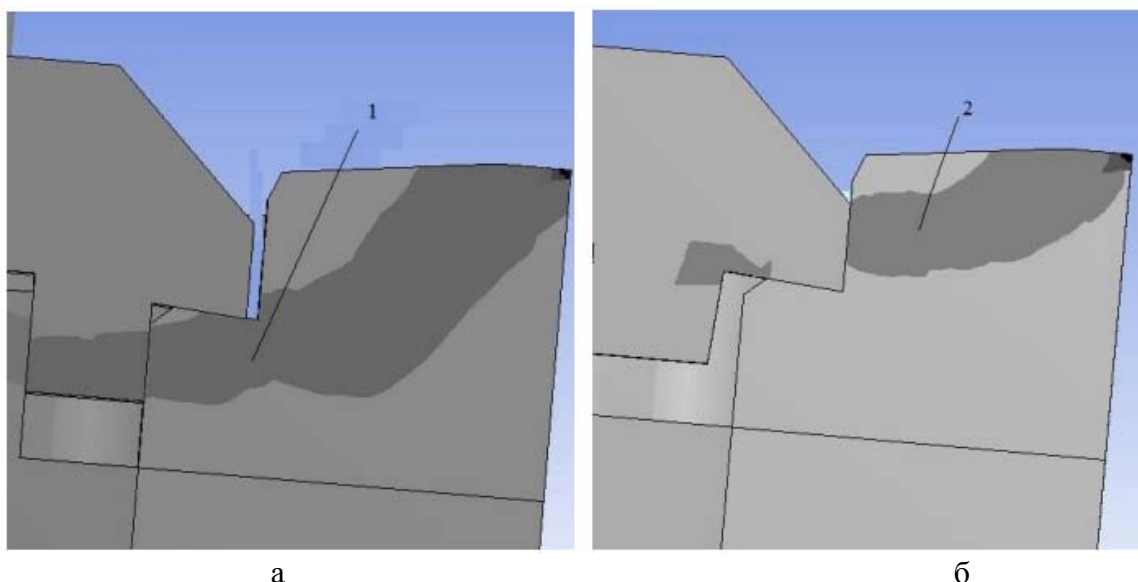


Рис. 6. Расположение зон действия максимальных растягивающих напряжений при различных схемах базирования режущей пластины:

а – схема базирования с нижним упором; б – схема базирования с верхним упором

Высокие показатели ремонтпригодности конструкции 5 (уменьшение среднего полного времени восстановления в 1,2–1,6 раза, см. табл. 5) обеспечивается в основном за счет применения оригинального прихвата-стружколома: например, регулировка положения режущей пластины после переточек осуществляется только разворотом прихвата-стружколома на 180°.

В конструкциях 1–4 отмечены случаи выпадения регулировочных прокладок или шарика в процессе резания (см. табл. 6), что приводило к появлению вибраций и остановке процесса резания. Отмечены также случаи смятия рифлений на промежуточном элементе и прихвате-стружколоме, заклинивания промежуточного элемента с рифлениями и цилиндрического ролика (последнее в конструкции 3).

Для резцов конструкций 1...4 при работе переточенными пластинами (особенно на 3 и 4 периодах стойкости) характерно пакетирование стружки в пространстве перед стружколомающей поверхностью прихвата-стружколома, что приводило к поломке пластины. На резцах конструкции 5 пакетирования стружки не было, так как после переточек режущей пластины расстояние между главной режущей кромкой и стружколомающей поверхностью прихвата-стружколома не изменялось.

В результате подавления поломок инструмента закон распределения периода стойкости трансформировался с Вейбулла-Гнеденко для конструкций 1–4 в нормальный для конструкции 5 (рисунок 7; здесь, чтобы не загружать рисунок показаны только характеристики безотказности конструкции 4 с нижним упором и конструкции 5 с верхним упором).

Проверка соответствия статистического распределения стойкости теоретическому, проведенная по критериям Пирсона и Колмогорова, показали высокую степень соответствия этих распределений – расчетные значения критерия Пирсона меньше табличных ($1,42-3,29 < 9,21-11,34$ при уровне значимости больше 0,01); по критерию Колмогорова статистическое и теоретическое распределения согласуются с вероятностью 0,97–1,0. График интенсивности отказов для конструкции 5 смещен в зону малых значений интенсивности отказов, а график вероятности безотказной работы смещен в зону больших значений периода стойкости. Это свидетельствует о достаточно высокой степени оптимизации конструкции 5.

Таблица 5

Результаты оценки ремонтпригодности резцов (в минутах на один период стойкости)

Наименование параметра	Обозначение конструкции резцов					
	1	2	3	4	5	
Средняя глубина резания, мм	15,0					
Средняя величина подачи, мм/об	1,36					
Средняя скорость резания, м/мин	59,0					
Объем выборки	19	19	19	18	23	
Удельн. расход тв. сплава, кг/мм		0,46	0,47	0,51	0,32	
Соотношение видов отказов, %	изнашивание	58	53	63	50	83
	выкрашивание	16	21	16	22	17
	поломка	26	26	21	28	0
Средний период стойкости, мин	25,4	23,1	23,0	22,1	31,4	
Доверительный интервал, мин	±3,4	±2,9	±3,0	±3,6	±3,1	
Коэф. вариации стойкости	0,41	0,47	0,48	0,48	0,27	
Закон распределения	Вейбулла-Гнеденко				Норм.	
Гамма-процентный период стойкости Тэо, мин		16,0	14,8	11,2	23,5	
Средн. число периодов стойк.	3,8	3,8	3,8	3,6	4,6	
Средн. полный период стойкости, мин	96,5	87,8	87,4	79,5	144,4	

Таблица 6

Недостатки конструкций, выявленные при проведении испытаний резцов

Наименование недостатков резцов	Обозначение конструкции резца				
	1	2	3	4	5
Разворот прихвата при закреплении и раскреплении пластины		+	+	+	
Пакетирование стружки	+	+	+	+	
Засорения отверстий винта и прихвата окалиной и мелкой стружкой	+	+	+	+	+
Заклинивание промежуточного элемента с рифлениями		+	+		
Смятие рифлений	+	+	+		
Заклинивание цилиндрического элемента			+		
Выпадение регулировочной прокладки во время работы	+	+	+	+	
Выпадение шарика				+	

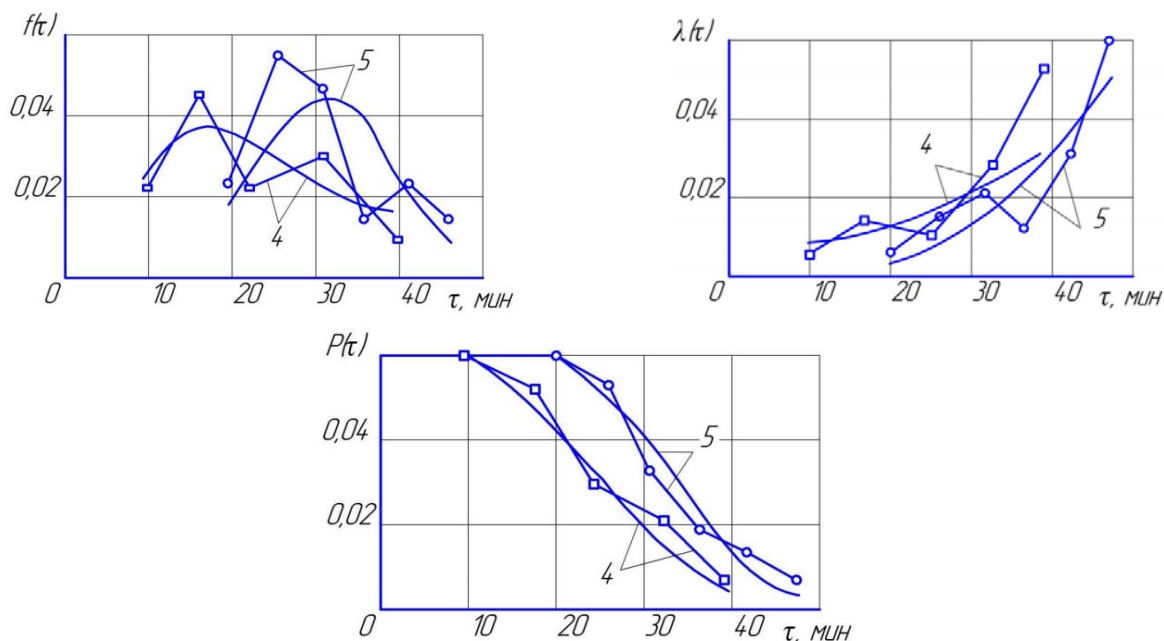


Рис. 8. Характеристики безотказности резцов (ломанная линия – статистическая оценка, сплошная – теоретическое значение)

Здесь следует отметить, что в связи с минимальным числом и простотой составных элементов, конструкция 5 отличается также минимальной трудоемкостью изготовления.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследований напряженно-деформированного состояния конструкций резцов, установлено, что причиной поломок пластины с базированием по схеме с нижним упором является наличие больших нормальных растягивающих напряжений в области наименьшего поперечного сечения пластины, то есть по уступу. Изменение схемы базирования пластины на схему с верхним упором приводит к перераспределению напряжений в область наибольшего поперечного сечения пластины и к полной ликвидации поломок.

2. В результате экспертных исследований и сравнительных производственных испытаний установлено, что предложенная конструкция сборного резца с верхним упором отличается высокими показателями прочности и жесткости, безотказности, долговечности и ремонтпригодности. Эта конструкция рекомендуется как базовая для черновой обработки конструкционных сталей на крупных токарных станках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборный резец. А.С. 1144784 СССР, МКП В23В 27/16 / Г.Л. Хаеи, А.М. Боярунас, В.С. Гузенко, Г.В. Филиппов, Н.В. Водопьянов и В.М. Гах (СССР). – 3701531/25-08; Заявлено 25.11.85; Оpubл. 15.03.85. Бюл. №10. – 2 с.
2. Сборный резец. А.С. 1201064 СССР, МКП В23В 27/16 / В. С. Гузенко, Я. А. Музыкант, А. Д. Коновалов и В. Ф. Дрожин (СССР). – 3764460/25-08; Заявлено 04.07.84; Оpubл. 30.12.85. Бюл. № 48. – 2 с.
3. Резцедержатель. А.С. 10000160 СССР, МПК В23В 27/16 / В. С. Гузенко, В. В. Скибин и В. В. Рязанцев (СССР). – 3764460/25-08; Заявлено 09.04.81; Оpubл. 28.02.83. Бюл. № 8. – 2 с.
4. Сборный резец А.С. 1232384 СССР, МКП В23В 27/16 / Г. Л. Хаеи, В. С. Гузенко, В. И. Витушкин и А. М. Боярунас, Н. В. Водопьянов (СССР). – 3802141/25-08; Заявлено 17.10.84; Оpubл. 23.05.86. Бюл. № 19. – 2 с.
5. Резец. А.С. 1282969 СССР, МКП В24В 27/16 / В. М. Гах, А. М. Боярунас, В. С. Самойлов, Н. В. Водопьянов, В. С. Гузенко и В. Ф. Дрожин (СССР). – 3916557/25-08; Заявлено 24.06.85; Оpubл. 15.01.87. Бюл. № 2. – 2 с.
6. Збірний різець для важкого різання. Позитивне рішення по заявці на патент І201213570 від 27.11.12 МКП В23В 27/16 / Э. В. Мироненко, В. М. Гах і І. О. Гах.
7. Теория проектирования инструмента и его информационное обеспечение: маркетинг, квалиметрия, надежность и оптимизация / Г. Л. Хаеи, В. С. Гузенко, Л. Т. Хаеи [и др.] – Краматорск : ДГМА, 1994. – 370 с.
8. Гузенко В. С. Совершенствование конструкций сборных резцов для тяжелых токарных станков / В. С. Гузенко, С. Л. Миранцов, В. Т. Саункин // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – Випуск 17. – С. 7–11.

Статья поступила в редакцию 19.09.2014 г.