

Учредитель ООО «СТИН»

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей ученых степеней

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**Дмитриев О. Н.,
Новиков С. В.**

Инструментарий обоснования решений по обеспечению
технической исправности станочного парка
критически важных кооперированных и распределенных
промышленных производств 2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

**Радыгин А. Б.,
Сергеев А. И.,
Сердюк А. И.**

Компьютерное моделирование работы
гибких производственных систем с учетом
вероятностных возмущений 8

МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

**Хостиков М. З.,
Данилов И. К.,
Набатников Ю. Ф.,
Тимирязев В. А.**

Расширение состава применяемого
режущего инструмента для повышения
эффективности и технологических возможностей
многоцелевых станков 14

Вавилов В. Е.

Оптимизация новой конструкции
гомополярного магнитного подшипника 17

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

**Дубров Д. Ю.,
Чукарин А. Н.,
Ямпонец Р. А.**

Фреза с автономным двухфазным охлаждением 21

**Муканов Р. Б.,
Касенов А. Ж.,
Итыбаева Г. Т. и др.**

Торцовое точение отверстий 23

**Пучкин В. Н.,
Рыжкин А. А.,
Туркин И. А. и др.**

Влияние количества карбидов и легирующих элементов
на межкристаллитную коррозию в пластинах
из режущей керамики 27

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Равикович Ю. А.,
Курочкин А. В.,
Кожина Т. Д.**

Методика выбора температурных режимов
предварительного нагрева штамповок крупногабаритных
широкохордных лопаток компрессоров 35

**Изнаиров Б. М.,
Васин А. Н.,
Насад Т. Г. и др.**

Сборка шарико-винтовых передач
по вероятностным параметрам винта и гайки 38

При прерывистом резании (процесс фрезерования) происходит резкое изменение температуры в моменты входа и выхода режущей кромки из контактной зоны, что приводит к термическому шоку в циклическом режиме и способствует преждевременному выходу из строя инструмента. Использование метода двухфазного охлаждения сглаживает эффект термического шока, возникающий при прерывистом резании.

Список литературы

1. Клокке Ф., Гершвиллер К. Сухая обработка основы: границы, перспективы // Сообщение VDI 1240 «На пути к сухой обработке — технологический вызов». — Дюссельдорф: Изд-во VDI, 1996. — С. 1—39.

2. Васин С. А., Верещака А. С., Кушнер В. С. Резание материалов: термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. — 448 с.

3. Верещака А. С., Кушнер В. С. Резание материалов: Учебник. — М.: Высш. шк., 2009. — 535 с.

4. Dubrov Dmitry Y. The use of cutters with two-phase cooling devices in the processing of titanium alloys / Yuri S. Dubrov, Dmitry Y. Dubrov // Second International conference «Heat pipes for space application» 15—19 September 2014 Moscow, Russia {Электронный ресурс www.heatpipe.ru}.

5. Дубров Д. Ю. Повышение периода стойкости сборных резцов испарительным охлаждением при сухом резании [Текст]: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Дмитрий Юрьевич Дубров. — Брянск. — 2015. — 19 с.

6. Живоглазов Н. И., Заславский И. Я. Фреза с автономным внутренним охлаждением. Описание изобретения к авторскому свидетельству [А. св-во № 1292940, МПК В23С 5/28, опубл. 28.02.1987 г.] {Электронный ресурс <http://patents.su/2-1292940-freza-s-avtonomnym-vnutrennim-okhlazhdeniem.html>}.

УДК 621.941.1

Торцовое точение отверстий

Р. Б. Муқанов¹, к.т.н. А. Ж. Касенов², к.т.н. Г. Т. Итыбаева³, к.т.н. Ж. К. Мусина⁴,
к.т.н. К. К. Абишев⁵, к.т.н. П. О. Быков

// Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова Республики Казахстан, 140008, г. Павлодар, ул. Ломова 64.

E-mail: ¹ruslangr82@mail.ru, ²asylbek_kasenov@mail.ru, ³galia-itibaeva@mail.ru, ⁴mussina_zhanara@mail.ru, ⁵a.kairatolla@mail.ru

Аннотация. В статье представлена конструкция резцовой головки с асимметрично расположенными резцами, которые осуществляют торцовое точение отверстий. Резцовая головка имеет повышенную стойкость, обеспечивает возможность обработки неглубоких отверстий с плоским дном, повышается производительность и точность; уменьшается отклонение формы и снижается шероховатость обрабатываемой поверхности. **Ключевые слова:** точение, отверстие, резцовая головка, точность, отклонение, шероховатость, качество.

Abstract. This article presents the Design of the tool block. Cutters of the tool block are located asymmetrically. Cutters carry out butt-end turning of holes. The tool block has a high durability, permits production of shallow bores with flat bottom, increases manufacturing capability, precision, reduced form deviation and asperity of finished surface. **Keywords:** turning, hole, tool head, accuracy, deflection, roughness, quality.

Сверление отверстий характеризуется невысокими скоростями резания и малым периодом стойкости из-за конструктивных недостатков сверл (наличия сердцевин и возникновение поперечной кромки при заточке) [1].

Спиральные сверла имеют поперечную режущую кромку, которая обеспечивает неблагоприятные условия резания: в зоне поперечной кромки вместо резания происходят смятие, выдавливание и скобление, что сопровождается более высокой температурой и механическим напряжением на ре-

жущей части в зоне резания, повышенным износом, снижающими стойкость и точность обработки [2].

При проектировании новых конструкций металлорежущего инструмента стремятся усовершенствовать их геометрические параметры и конструктивные элементы, а также использовать материалы с повышенными режущими свойствами и новые материалы [3—12].

Резцовая головка относится к режущим инструментам и представляет собой новый высокопроизводительный инструмент для точения сплошных отверстий — резцовую головку с асимметрично расположенными резцами, оснащенными сменными неплетачиваемыми пластинами твердого сплава, позволяющими получать любую форму дна глухого отверстия или обрабатывать сквозные отверстия в сплошном материале [13—15].

Режущая часть инструмента выполнена в виде резцов, расположение и конструкция которых позволяют заменить сверление торцовым точением с использованием всех преимуществ точения перед сверлением. Новый инструмент имеет повы-

шенную жесткость, не имеет поперечной кромки, работа резания распределена равномерно по длине лезвий, уменьшаются удельное давление и температура в зоне резания, что способствует повышению стойкости и улучшению качества обработки путем выполнения на корпусе выглаживающих элементов, позволяющих уменьшить отклонения от круглости отверстия и шероховатость.

Резцовая головка имеет следующие конструктивные элементы: корпус, на котором асимметрично расположены резцы для последовательного срезания материала в отверстии; хвостовик, форма которого зависит от конструкции шпинделя или втулки для закрепления инструмента (конический, цилиндрический, цилиндрический гладкий с лыской или без лыски или резьбовой).

Предлагаемая резцовая головка не имеет поперечной кромки, потому условия работы при точении отверстий значительно легче и можно повысить скорость резания, а точность обработки значительно выше из-за отсутствия дестабилизирующего влияния поперечной кромки.

На рис. 1, *a* показаны конструкция резцовой головки и ее конструктивные элементы. Она имеет режущие кромки, перпендикулярные к оси головки: 1 — резцовая головка; 2 — заготовка; 3 — резец, расположенный у периферии резцовой головки (внешний резец); 4 — резец, расположенный у оси резцовой головки (внутренний резец); 5 — срезаемая внешним резцом стружка (a — толщина среза); 6 — срезаемая внутренним резцом стружка; 7 — грязевая канавка (условно совмещена на чертеже с осью резцовой головки); 8 — стружечная канавка у внешнего резца; 9 — стружечная канавка у внутреннего резца; 10 — вращательное движение резцовой головки при точении отверстия; s_0 — осевая подача; D — диаметр отверстия; d — диаметр стержня, остающийся вдоль оси заготовки, периодически обламывающегося и уносящегося струж-

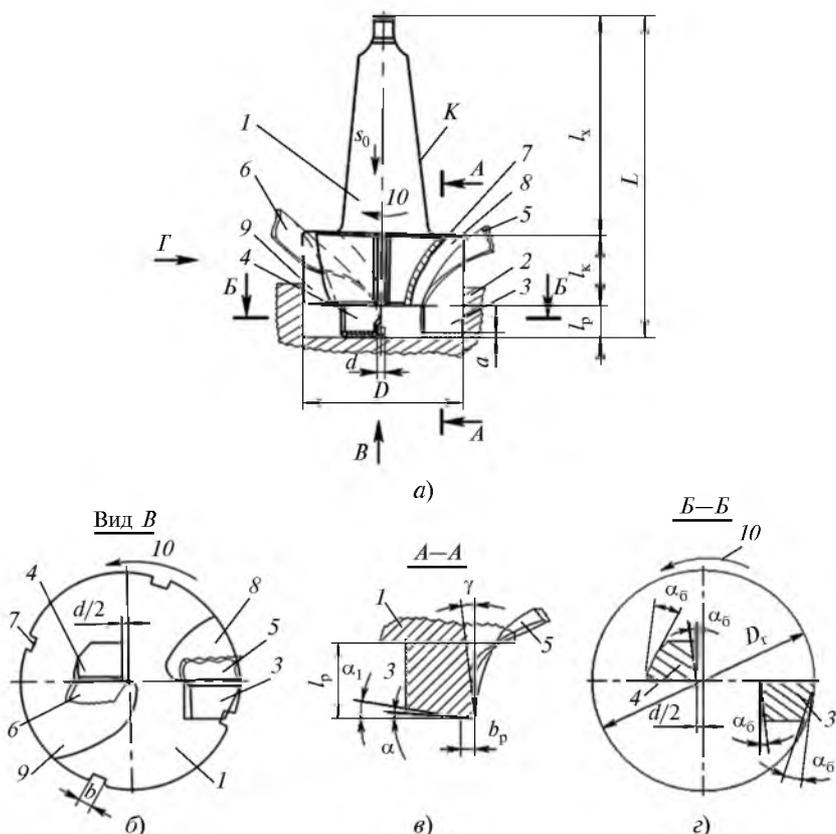


Рис. 1. Конструкция резцовой головки (*a*); вид на резцовую головку по стрелке *B* (*б*) и идентификация геометрии резцов в плоскости, перпендикулярной к оси резцовой головки (*в* и *г*)

кой; l_k — длина корпуса резцовой головки; l_p — вылет (высота) резца; l_x — длина хвостовика; L — длина резцовой головки.

По стрелке *B* на рис. 1, *б* показан вид на резцовую головку с исполнением корпуса с грязевыми канавками на цилиндрической направляющей части и снимаемой стружкой: $d/2$ — размер подточки внутреннего резца; b — ширина грязевой канавки.

На рис. 1, *в* показаны: продольное сечение *A—A* резцовой головки плоскостью, нормальной к главной режущей кромке резца и срезаемая стружка; конструкция и геометрия внешнего резца; b_p — ширина задней поверхности; α — задний угол; α_1 — угол на корпусе резца, γ — передний угол резца.

На рис. 1, *г* показано сечение *Б—Б* по резцам резцовой головки: α_6 — задние боковые углы на резцах; D_r — диаметр резцовой головки.

На рис. 2 по стрелке *Г* показан вид на резцовую головку (с режущими кромками, перпендикуляр-

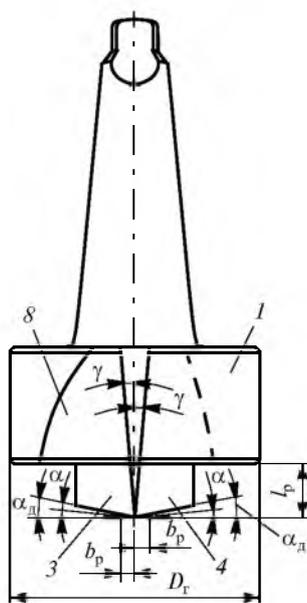


Рис. 2. Вид на резцовую головку по стрелке I

ными к оси головки) сбоку: 1 — корпус резцовой головки; 3 — внешний резец резцовой головки; 4 — внутренний резец резцовой головки; 8 — стружечная канавка у внешнего резца резцовой головки; l_p — высота (вылет) резца; b_p — ширина задней поверхности; α — задние углы резцов; α_d — дополнительные углы заточки резцов у задней поверхности; γ — передние углы резцов; D_r — диаметр резцовой головки.

Основные особенности способа точения отверстий и резцовой головки: при точении отверстий применяется схема точения отверстий с невращающейся резцовой головкой и ее продольной подачей и вращающейся заготовке; режущая часть головки образована резцами, расположенными асимметрично (в шахматном порядке) относительно оси резцовой головки; наименьшее число резцов равно двум; на внутреннем резце на приосевой части выполнен уступ (ломающий уклон); в качестве выравнивающей части применяют наружную поверхность корпуса или специальные твердосплавные направляющие; переднее внутреннее ребро внутреннего резца совпадает с осью резцовой головки или наклонено к оси на величину переднего угла.

Предлагаемая резцовая головка позволит повысить эффективность и качество обработки отверстий по сравнению с традиционным сверле-

нием спиральным сверлом в результате условий резания, присущих точению, значительно более легких, чем при сверлении в условиях неблагоприятной геометрии (выдавливание, смятие и скобление) поперечной кромкой материала вместо резания, повышенных температур, сил резания и износа инструмента. Резцовая головка имеет повышенную стойкость, обеспечивает возможность обработки отверстий с плоским дном, увеличивает производительность и качество обрабатываемой поверхности.

Анализ конструкции резцовой головки показал, что применение твердосплавных пластин с креплением их к корпусу винтами упростит конструкцию и технологию изготовления.

Разработана конструкция сборной резцовой головки с креплением резцов, изготовленных из твердого сплава, к корпусу винтами, что даст возможность замены в результате износа и увеличит ресурс путем переточки и увеличит срок эксплуатации инструмента (рис. 3, *a*) [16].

На рис. 3, *a* показаны: 1 — корпус сборной резцовой головки; 2 — наружная твердосплавная пластина; 3 — внутренняя твердосплавная пластина; 4 — винт; 5 — хвостовик сборной резцовой головки; 6 — грязевая канавка; 7 — стружечная канавка; 8 — вращательное движение сборной резцовой головки; 9 — осевое перемещение сборной резцовой головки; L — длина сборной резцовой головки; L_x — длина хвостовика; L_k — длина корпуса сборной резцовой головки; L_b — длина вылета твердосплавной пластины; b_n — ширина твердосплавной пластины; S_n — толщина твердосплавной пластины; b_k — ширина грязевой канавки на корпусе сборной резцовой головки; f — фаска на грязевой канавке; D_r — диаметр резцовой головки; вид A — вид для идентификации расположения твердосплавных пластин.

В сборной резцовой головке твердосплавные пластины расположены следующим образом: одна — к центру, другая — к периферии. Из-за этого крутящие моменты на левой и правой частях разной величины, что приводит к вибрации и неуравновешенности, а, следовательно, к снижению качества и точности обработки.

Для уравнивания крутящих моментов разработана сборная резцовая головка с асимметрично расположенными твердосплавными пластина-

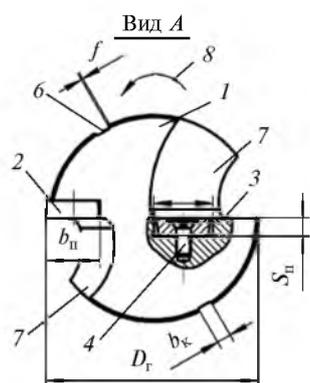
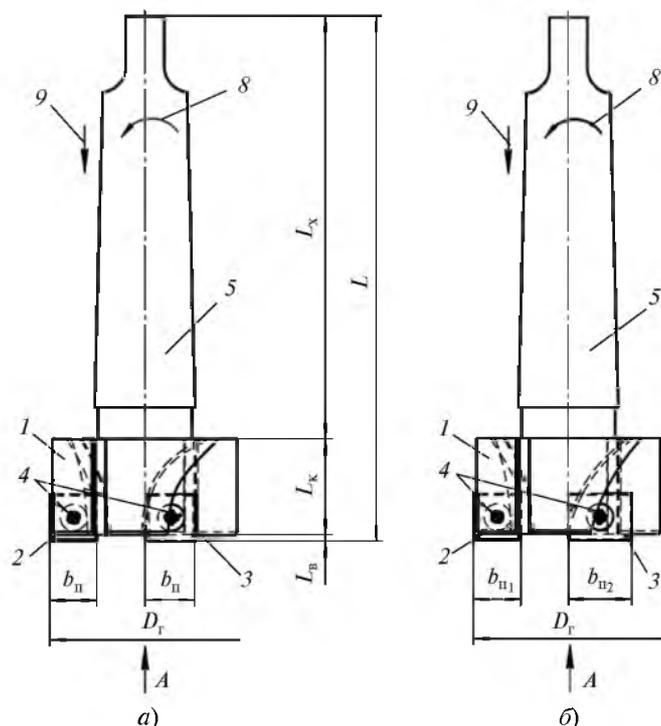


Рис. 3. Сборная режцовая головка (а) и сборная режцовая головка с твердосплавными пластинами разной ширины (б)



ми разной ширины, закрепленными винтами на корпусе (рис. 3, б), где b_{n1} — ширина наружной твердосплавной пластины; b_{n2} — ширина внутренней твердосплавной пластины.

Режущая часть выполнена в виде твердосплавных пластин разной ширины, что способствует повышению стойкости и качества обработки отверстий при условии равновесия крутящих торцовых моментов в результате свободного торцового течения в условиях резания, присущих точению, значительно более легких, чем при сверлении в условиях неблагоприятной геометрии, скобления и выдавливания поперечной кромкой материала вместо резания, повышенных температур, сил резания и износа инструмента.

износа инструмента, а также из-за удобства и простоты в изготовлении и эксплуатации нового инструмента.

При работе режцовой головки каждый резец снимает слой стружки следующим образом: при двух резцах внутренний резец образует цилиндр отверстия примерно 0,5 диаметра отверстия, в зависимости от принятых соотношений ширины резцов. Внешний резец срезает стружку на кольцевом участке обрабатываемого отверстия, остающемся после прохода внутреннего резца. Отсутствие поперечной кромки значительно улучшает условия резания и повышает качество обработки. Направляющие элементы на корпусе головки позволяют улучшить качество поверхности отверстия. Большая жесткость инструмента и выглаживание повышают точность и качество поверхности отверстия.

Материал режцовой сборной головки: корпуса — сталь 45 (ГОСТ 4543—2016), твердосплавных пластин — твердый сплав Т30К4 (ГОСТ 3882—74).

Эффективность и качество обработки отверстий обеспечивают путем свободного торцового течения при условии равновесия крутящих торцовых моментов наружной и внутренней пластинок: $M_{кр.т.н} = M_{кр.т.в}$.

Сборная режцовая головка с асимметрично расположенными твердосплавными пластинами разной ширины повышает стойкость, эффективность и качество обработки отверстий при условии равновесия крутящих торцовых моментов и условий резания, присущих точению, значительно более легких, чем при сверлении в условиях неблагоприятной геометрии, скобления и выдавливания поперечной кромкой материала вместо резания, повышенных температур, сил резания и износа инструмента.

Список литературы

1. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. — М.: Высш. шк., 1985. — 304 с.
2. Металлорежущие инструменты / Г. И. Сахаров, О. В. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др. — М.: Машиностроение, 1989. — 328 с.
3. Sandvik Coromant Becomes Premium Partner of DMG Mori // Manufacturing engineering. Soc manufacturing engineers. — 2017. — Vol. 158. — Is. 2. — P. 25—25.
4. Sandvik Coromant becomes new ISTMA global partner // Advanced Materials & Processes. ASM Int. — 2008. — Vol. 166. — Is. 8. — P. 19—19.
5. Artamonov V. V., Bykov A. O., Bykov P. O., Artamonov V. P. Measurement of the tap density of metal powders // Powder met-

allurgy and metal ceramics. — 2013. — Vol. 52. — Is. 3–4. — P. 237–239.

6. **Cep R., Janasek A., Sliva A., Neslusan M., Binder M.** Experimental tool life tests of indexable inserts for stainless steel machining // *Tehnicki vjesnik-technical gazette*. — 2013. — Vol. 20. — Is. 6. — P. 933–940.

7. **Filippov A. V., Shamarin N. N., Podgornykh O. A., Chazov P. A.** Cross section of the cut layer in oblique single-edge boring by a radial cutter // *Russian Engineering Research*. — 2017. — Vol. 37. — Is. 4. — P. 367–371.

8. **Hole machining** based on using an incisive built-up reamer/ N. Dudak, A. Taskarina, A. Kasenov, G. Itybaeva et al. // *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. — 2017. — Vol. 18. — Is. 10. — P. 1425–1432.

9. **A new pass-through** lathe cutter / N. S. Dudak, G. T. Itybaeva, Z. K. Musina et al. // *Russian Engineering Research*. — 2014. — Vol. 34. — Is. 11. — P. 705–707.

10. **Borovskii V. G., Neginskii E. A., Ott O. S., Maslov A. R.** Drilling of Hard Rock by Means of Polycrystalline Diamond Inserts // *Russian Engineering Research*. — 2018. — Vol. 38. — Issue 1. — P. 33–35.

11. **Processing** of holes with a reamer-broach / N. S. Dudak, A. Z. Kasenov, Z. K. Musina et al. // *Life Science Journal*. — 2014. — Vol. 11. — Is. 10. — P. 282–288.

12. **Increase** of precision of casting blocks by applying acoustical oscillations in gas-impulsive moulding / V. G. Berezyuk, S. B. Kuzembayev, K. T. Sherov et al. // *Journal of Vibroengineering*. — 2015. — Vol. 17. — Is. 5. — P. 2178–2186.

13. **Инновационный патент Республики Казахстан № 20211** на изобретение. Способ и инструмент для изготовления отверстий в сплошном материале / Дудак Н. С., Тастенов Е. К.; опубл. 17.11.2008, Бюл. № 11. — 15 с.

14. **Инновационный патент Республики Казахстан № 22032** на изобретение. Новый способ и резцовая головка для получения отверстий точением / Дудак Н. С.; опубл. 15.12.2009, Бюл. № 12. — 14 с.

15. **Дудак Н. С., Яношкин А. С.** Способ и резцовая головка для высокопроизводительного торцового точения отверстий // *Системы. Методы. Технологии*. — 2011. — № 9. — С. 78–86.

16. **Обработка** отверстий сборной резцовой головкой / Н. С. Дудак, Р. Б. Муканов, Т. М. Мендебаяев и др. // *Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей*. — 2017. — Т. 1. — № 2 (78). — С. 57–61.

УДК 621.785.53.81.01

Влияние количества карбидов и легирующих элементов на межкристаллитную коррозию в пластинах из режущей керамики

к.т.н. В. Н. Пучкин¹, д.т.н. А. А. Рыжкин², к.т.н. И. А. Туркин², д.т.н. В. А. Кохановский², И. Д. Стороженко³, Т. В. Кашеева⁴

// ¹ Армавирский механико-технологический институт; ² Донской государственный технический университет;

³ Кубанский государственный технологический университет; ⁴ ОАО «ЭЛТЕЗА».

E-mail: ¹puchkin.2019@list.ru, ³Vanyatka_2007@mail.ru

Аннотация. Выявлена причина межкристаллитной коррозии (МК) пластин из режущей керамики (РК) — обеднение хромом периферийной зоны зерен вследствие выделения хромистых карбидов на их границах, с учетом одновременного влияния напряжений, возникающих при быстром охлаждении пластин с высоких температур. Особенно это проявляется при обработке труднообрабатываемых сталей (ТОС) 12X18H10T, 40X13, 14X17H2 и др., инструментом, оснащенным пластинами модифицированной РК ВОК-60М. На основании этих и других результатов исследований причина МК пластин из РК — напряжения, возникающие в поверхностных слоях зерен в результате выделения карбидных или нитридных фаз. Нагрев пластин из РК при температуре 650–800 °С снимает эти напряжения и восстанавливает их стойкость против МК.

Также установлено, что хромомарганцевые пластины из РК менее склонны к межкристаллитной коррозии, чем хромомарганцевоникелевые, а последние — в меньшей степени, чем хромоникелевая РК. Преимущество хромомарганцевоникелевых пластин из РК особенно заметно при сравнительно небольшой продолжительности обработки ТОС 12X18H10T, 14X17H2, 40X13 и др. с высокими режимами резания и температурой $\theta = 600\div 650$ °С в зоне контакта заготовка—инструмент.

Высказано предположение о природе МК модифицированной РК ВОК-60М, которое основывается на роли кинетического фактора при относительно низких температурах отпуска, при котором выделяется метастабильный карбид, хотя это приводит не к максимальному, а только к относительному изменению свободной энергии системы. В РК таким карбидом может быть сильно обогащенный титаном карбид хрома (Cr, Ti)₂₃C₆. С повышением температуры отпуска выделяющийся карбид все больше приближается к стабильному составу Cr₂₃C₆. Длительная выдержка при температуре отпуска также способствует установлению термодинамического равновесия, т. е. постепенному обогащению карбида хромом до стабильного состава Cr₂₃C₆, причем необходимое для этого время тем меньше, чем выше температура отпуска. Очевидно, что варьирование состава карбида, выделяющегося по границам зерен в РК ВОК-60М, с изменением температуры отпуска и продолжительности выдержки при ней будет изменять и кинетику электрохимического растворения системы, состоящей из карбида и контактирующего с ним твердого раствора.

Исследованиями установлено, что вакуумное спекание и отжиг заметно повышает жаропрочность. У РК это объясняется не только удалением легкоплавких примесей, но и тем, что меньшее количество алюминия и других легирующих элемен-