

УДК 622.23.05

В.И. Болобов, В.С. Бочков, Г.А. Юсупов, В.Ю. Бенедик
О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО
ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО РЕЗЦА
МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОГО СПЕКАНИЯ

Срок службы породоразрушающих резцов может быть существенно повышен изготовлением оболочки их корпуса из высокотвердой износостойкой низколегированной ферритной стали, а сердцевины, для обеспечения стойкости конструкции к ударным нагрузкам, – из высоковязкой аустенитной стали. Для придания корпусу биметаллической структуры предлагается метод, основанный на совместной высокотемпературной пластической деформации материалов его оболочки и сердцевины за счет разницы в коэффициентах термического расширения используемых сталей.

Ключевые слова: породоразрушающий резец, корпус, биметаллическая структура, пластическая деформация, коэффициент термического расширения.

В настоящее время на проходческих комбайнах, работающих по крепким породам, большое распространение получили тангенциальные поворотные резцы типа РШ (рис. 1). Для повышения стойкости к износу их в головной части армируют твердосплавными вставками, обычно, из сплавов группы ВК.

Одной из основных причин выхода из строя указанных резцов является недостаточная износостойкость головной части их корпуса, находящейся в постоянном контакте с высоко абразивной породой. При этом возможность изготовления корпуса резца из износостойких (высокотвердых) материалов сдерживается их низким сопротивлением к воздействию на резец ударным нагрузкам. По этой причине корпуса отечественных тангенциальных резцов изготавливаются, как правило, из стали 35ХГСА, которая при средней твердости (42–50 HRC) и, как следствие, средней износостойкости отличается достаточно высокой вязкостью (~0,39 МДж/м²).

В настоящей работе анализируется возможность изготовления биметаллического корпуса резца, у которого внешняя оболочка изготовлена из материала, обладающего высокой твердостью и износостойкостью, а сердцевина – из бо-

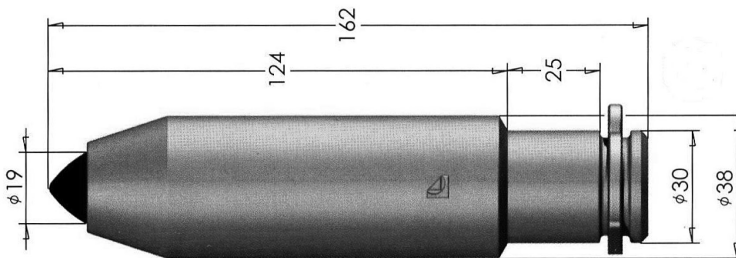


Рис. 1. Резец тангенциальный поворотный марки РШ 38-75/19.М2

лее мягкого, но вязкого материала, поглощающего энергию удара. При этом оболочка и сердцевина соединены в единое целое методом твердофазного спекания, осуществляющегося при повышенных температурах без приложения нагрузки извне за счет разницы коэффициентов термического расширения выбранных материалов.

В настоящее время существует ряд методик получения биметаллических конструкций [1–3], основывающихся на принудительном обжатии порошкообразных или цельнометаллических элементов с различной степенью пластической деформации (от 0,3 до 90%) при температуре $\sim 0,7\text{--}0,9 T_m$ (температуры плавления) наименее легкоплавкого материала.

В настоящей работе необходимое обжатие предлагается осуществлять за счет разницы в приращении диаметра D_1 полости оболочки, изготовленной из материала с меньшим коэффициентом термического расширения (α_1), и диаметра D_2 сердцевины, из материала с большей величиной α_2 , при нагреве собранной конструкции до расчетной температуры T_{cal} .

При одинаковой исходной величине $D_1 = D_2 = D_0$ при температуре T_0 разница в диаметрах полости и сердцевины при искомой температуре T_{cal} выражается уравнением

$$\Delta D_T = D_{2T} - D_{1T} = D_0 \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где $\Delta T = T_{cal} - T_0$, а площадей сечения

$$\Delta S_T = S_{2T} - S_{1T} = \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 \cdot [(1 + \alpha_2 \Delta T)^2 - (1 + \alpha_1 \Delta T)^2]$$

При выражении степени пластической деформации ε , претерпеваемой материалами рассматриваемых элементов в месте их контакта при нагреве, в виде отношения ΔS_T к площади сечения элемента меньшего диаметра (полости оболочки) S_{1T} при температуре T_{cal} значение ε может быть рассчитано по формуле

$$\varepsilon(T) = \frac{S_{2T} - S_{1T}}{S_{1T}} = \frac{2\Delta T \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) - (\alpha_2 \Delta T)^2 - (\alpha_1 \Delta T)^2}{1 + 2\alpha_1 \Delta T + (\alpha_1 \Delta T)^2} \approx 2 \cdot \Delta T \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \quad (2)$$

Видно (2), что степень деформации материалов в месте контакта элементов биметаллической пары прямо пропорциональна приращению температуры и разнице коэффициентов термического расширения использованных материалов.

В качестве материала внешней оболочки была выбрана инструментальная сталь ШХ15, как отличающаяся высокой твердостью (62–65 HRC) и, как мож-

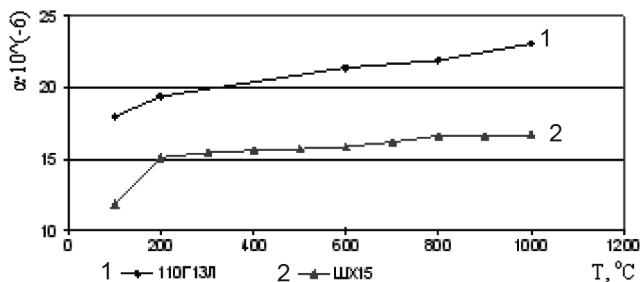


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициентов термического расширения материалов биметаллической пары

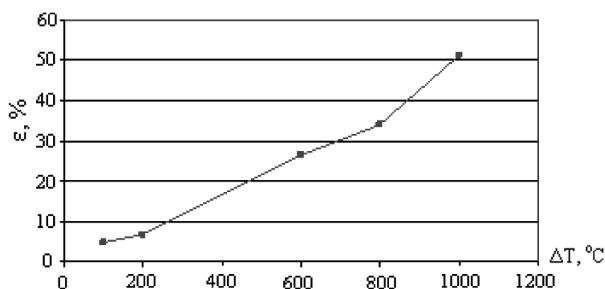


Рис. 3. Зависимость степени деформации материалов биметаллической пары от величины $\Delta T = T_i - T_0$ при $T_0 = 20^\circ\text{C}$

но ожидать, стойкостью к абразивному изнашиванию при практически нулевой вязкости ($\sim 0,05$ МДж/м²), а сердцевины – сталь 110Г13Л, обладающая высокой вязкостью ($KCU = 2,6\text{--}3,5$ МДж/м²), но недостаточной твердостью (~ 20 HRC) и износостойкостью при работе по крепким породам [4, 5]. Как показал литературный обзор [6, 7], во всем диапазоне реально достижимых температур сталь 110Г13Л, как материал со структурой аустенита, обладает и существенно большим коэффициентом термического расширения α по сравнению с ферритной сталью ШХ15 (рис. 2).

После подстановки значений $\alpha = f(T)$ сталей из графика рис. 2 в уравнение (2) температурная зависимость степени деформации материалов в месте контакта элементов биметаллической пары имеет вид рис. 3.

Напряжение, возникающее в месте контакта элементов в области упругой деформации материалов, может быть оценено по закону Гука

$$\sigma_c = \varepsilon(T) \cdot E, \quad (3)$$

где E – среднее значение модуля Юнга для двух анализируемых сталей ($E \sim 204$ ГПа).

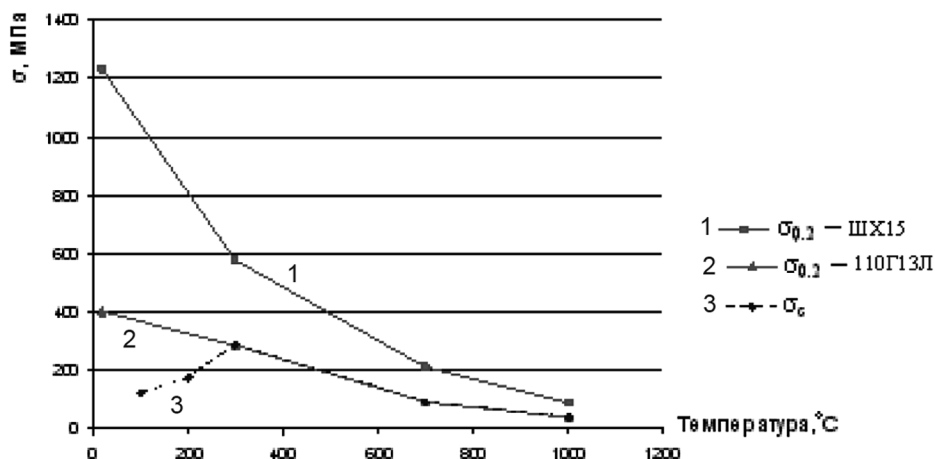


Рис. 4. Зависимости возникающего контактного напряжения и пределов текучести материалов биметаллической пары от температуры



Рис. 5. Поверхность контакта в биметаллической паре до (а) и после (б) пластической деформации в результате нагрева

Рассчитанная зависимость $\sigma_c = f(T)$ представлена на рис. 4. Там же приведены значения условного предела текучести рассматриваемых материалов при анализируемых температурах.

Из расположения кривых $\sigma_{0,2} = f(T)$ рис. 4 видно, что во всем представленном интервале температур значения $\sigma_{0,2}$ материала сердцевины – стали 110Г13Л существенно меньше, чем у материала корпуса – стали ШХ15. По этой причине, при возрастании с ростом температуры контактного напряжения σ_c до величины $\sigma_{0,2}$ стали 110Г13Л, а это произойдет при $T \sim 300^\circ\text{C}$, именно этот материал начнет пластически деформироваться. Таким образом, температура $\sim 300^\circ\text{C}$ является минимально необходимой для создания условий пластического деформирования в данной биметаллической паре.

В условиях изготовления реального корпуса реза начальные диаметры сердцевин и полости оболочки не будут совершенно одинаковы, хотя бы из-за шероховатости их поверхностей. В этой связи представлялось необходимым оценить, достаточно ли будет при нагреве приращения диаметра сердцевин относительно внутреннего диаметра оболочки в реальном корпусе, что бы перекрыть исходный зазор между составляющими. Для случая, когда полость оболочки выполняется сверлением с максимальной высотой выступов $Rz = 10\text{--}20$ мкм на поверхности, а сердцевина изготавливается литьем ($Rz = 30\text{--}40$ мкм), величина зазора на каждую сторону составит ~ 50 мкм (рис. 5).

Для указанной величины зазора при нагреве конструкции от 20 до 1000°C ($\sim 0,8T_m$ стали 110Г13Л) минимальный диаметр сердцевин составит

$$D_{2\min} = \frac{2\sum Rz}{\Delta T \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)} \sim 14 \text{ мм} \quad (4)$$

Таким образом, необходимый диаметр сердцевин, при котором происходит полное заполнение суммарного зазора между элементами биметаллического корпуса реза более пластичным материалом (сталью 110Г13Л), равен для нашего случая ~ 14 мм.

С другой стороны необходимо было оценить, какой максимально возможный диаметр может иметь сердцевина $D_{2\max}$, при котором суммарная прочность (σ_{B2}) биметаллического корпуса не уступала бы прочности существующего корпуса реза из стали 35ХГСА ($\sigma_{B35ХГСА}$).

В предположении, что суммарный предел прочности биметаллической конструкции изменяется по закону аддитивности [8] относительно величин σ_{B1} , σ_{B2} материалов, составляющих ее элементов, с учетом доли, занимаемой площадью сечения каждого элемента, максимально допустимый диаметр сердцевин может быть вычислен по формуле

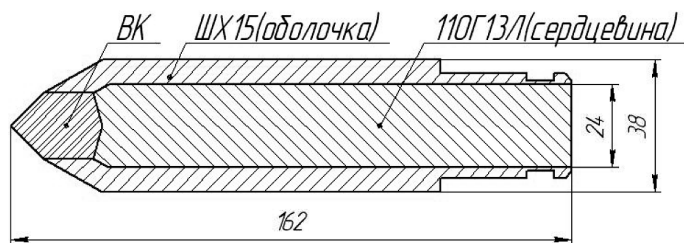


Рис. 6. Схема реза РШ 38-75 с предлагаемой конструкцией биметаллического корпуса

$$D_{2\max} = D_K \sqrt{\frac{\sigma_{B1} - \sigma_{B35XГСА}}{\sigma_{B1} - \sigma_{B2}}}, \quad (5)$$

где σ_{B1} , σ_{B2} – пределы прочности материалов биметаллической пары (сталей ШХ15 и 110Г13Л, соответственно), D_K – диаметр существующего корпуса реза марки РШ 38-75/19.М2 (38 мм).

После подстановки значений параметров величина $D_{2\max}$ оказалась равной 24 мм.

Таким образом, необходимый диаметр сердцевины находится в интервале значений

$$14 \text{ мм} \leq D_2 \leq 24 \text{ мм} \quad (6)$$

Поскольку способность реза сопротивляться ударным воздействиям будет расти с увеличением диаметра D_2 вязкой сердцевины наиболее целесообразно принять его максимально возможное значение. С учетом этого вид предлагаемой конструкции реза представлен на рис. 6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы / Под ред. В. Шатта. – М.: Металлургия, 1983. – 520 с.
2. Востриков В.П., Грамотнев К.И., Садовский А.В. Патент 2238180 РФ, МПК В23К20/04. Способ изготовления биметаллических изделий; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «ТРАНСКОМ» (RU). № 2003104991/02; заявл. 19.02.2003; Оpubл. 20.10.2004. – 4 с.
3. Калинин Б.А., Якушин В.Л., Польский В.И., Джумаев П.С. Патент 2418074 РФ, МПК С21D1/09, С23С26/00, В82В3/00. Способ упрочнения изделий из металлических материалов с получением наноструктурированных поверхностных слоев; заявитель и патентообладатель ООО «МИФИ-АМЕТО» (RU), «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (RU). – № 2009136941/02; заявл. 07.10.2009; Оpubл. 10.05.2011. – 14 с.
4. Болобов В.И., Бочков В.С., Сюй Ци-нянь. Износостойкость стали Гадфильда при больших удельных нагрузках // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 10. – С. 12–14.
5. Болобов В.И., Баталов А.П., Бочков В.С., Чупин С.А. Износостойкость стали 110Г13Л в различных абразивных средах // Записки горного института. – 2014. – т. 209. – С. 17–22.
6. Байжабагинова Г.А. Прочностные свойства стали 110Г13Л после электроконтактной обработки // Труды университета КарГТУ. – 2007. – № 4.
7. Зубченко А.С., Колосков М.М., Каширский Ю.В. и др. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. / Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
8. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов: учебник для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по техническим специальностям. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 797 с. **ГИАБ**

Болобов Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник, e-mail: boloboff@mail.ru,
Бочков Владимир Сергеевич – кандидат технических наук, ассистент, e-mail: vovabochkov@mail.ru,
Юсупов Григорий Адамбаевич – аспирант, e-mail: chuma-06@bk.ru,
Бенедик Вадим Юрьевич – аспирант, заместитель генерального директора, ООО «АскоЭнерго», e-mail: benedikw@bk.ru,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

UDC 622.23.05

ABOUT POSSIBILITY OF MANUFACTURING A BIMETALLIC TANGENTIAL ROCK CUTTING BY SOLID-PHASE SINTERING

*Bolobov V.I.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, e-mail: boloboff@mail.ru,
*Bochkov V.S.*¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant, e-mail: vovabochkov@mail.ru,
*Yusupov G.A.*¹, Graduate Student, e-mail: chuma-06@bk.ru,
*Benedik V.Yu.*¹, Graduate Student, Deputy General Director, «AskoEnergo», Saint-Petersburg, Russia, e-mail: benedikw@bk.ru,

¹ National Mineral Resource University «University of Mines», 199106, Saint-Petersburg, Russia.

Service life rock cutting tools can be essentially increased their body shell manufacture of high-hardness wear resistant low alloy ferritic steel and the core to provide resistance to shock loading structure – austenitic steel of high viscosity. To make the body of the bimetallic structure is proposed a method based on a joint high-temperature plastic deformation of the materials of his shell and core due to the difference in thermal expansion coefficients of the steel used.

Key words: rock cutting tool, housing, bimetallic structure, plastic deformation, thermal expansion coefficient.

REFERENCES

1. *Poroshkovaya metallurgiya. Spechennye i kompozitsionnye materialy*. Pod red. V. Shatta (Powder metallurgy. Sintered and composite materials. Shatt V. (Ed.)), Moscow, Metallurgiya, 1983, 520 p.
2. *Vostrikov V.P., Gramotnev K.I., Sadovskiy A.V. Patent RU 2238180, 20.10.2004.*
3. *Kalin B.A., Yakushin V.L., Pol'skiy V.I., Dzhumaev P.S. Patent RU 2418074, 10.05.2011.*
4. *Bolobov V.I., Bochkov V.S., Syuy Tsinyan'. Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2012, no 10, pp. 12–14.
5. *Bolobov V.I., Batalov A.P., Bochkov V.S., Chupin S.A. Zapiski gornogo instituta (Notes Mining Institute)*, 2014, vol. 209, pp. 17–22.
6. *Bayzhabaginova G.A. Trudy universiteta KarGTU (Proceedings of the University of KSTU)*, 2007, no 4.
7. *Zubchenko A.S., Koloskov M.M., Kashirskiy Yu.V. Marochnik staley i splavov. 2-e izd. Pod red. A.S. Zubchenko (Database of steels and alloys. Zubchenko A.S. (Ed.), 2nd edition)*, Moscow, Mashinostroenie, 2003, 784 p.
8. *Podskrebko M.D. Soprotivlenie materialov: uchebnik dlya studentov uchrezhdeniy, obespechivayushchikh poluchenie vysshego obrazovaniya po tekhnicheskim spetsial'nostyam (CStrength of materials: the textbook for students of institutions providing higher education in technical specialties)*, Minsk, Vysheyshaya shkola, 2007, 797 p.

