

## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Ярошенко А.С.  
«ВОЛОКНА ИЗ КОБАЛЬТОВЫХ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ,  
ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЭКСТРАКЦИИ ВИСЯЩЕЙ КАПЛИ РАСПЛАВА, ДЛЯ  
ПРИМЕНЕНИЯ В ЩЕТОЧНЫХ УПЛОТНЕНИЯХ»

Применение кобальтовых сплавов в составе щелевых уплотнений (ЩУ) газотурбинных двигателей и установок (ГТД и ГТУ) сдерживается трудностью получения проволоки микронных размеров из-за плохой обрабатываемости сплавов на основе кобальта, что приводит при волочении к значительным издержками и множеству межоперационных переделов. Решить данную проблему позволяет метод вытягивания волокон из расплава, получивший название высокоскоростного затвердевания расплава (ВЗР) и его разновидность – экстракция висящей капли расплава вращающимся теплоприемником (ЭВКР), который позволяет за один переход получить волокно микронных размеров. В связи с этим проведение исследований по получению волокон отечественных кобальтовых высоколегированных сплавов методом ЭВКР для применения в составе ЩУ актуально для решения задачи повышения КПД отечественных ГТД и ГТУ.

В ходе экспериментального исследования процесса изготовления микроволокон отечественных кобальтовых высоколегированных сплавов методом ЭВКР диссертант получил ряд новых важных научных результатов. Впервые установлено, что в результате высокоскоростной закалки расплава в трех сплавах системы Co–Cr–W дополнительно легированных Ni, Fe, V, Zr, Ti происходит фиксация аморфного состояния. Соотношение кристаллической и аморфной фаз в системе Co–Cr–W при добавлении Ni и Fe (сплав В3К) составляет 43/57 %, при добавлении V (сплав В4К) – 60/40 %, и введении Zr, Ni и Ti (сплав В5К) – 63/37 %, при этом с увеличением содержания легирующих элементов в сплавах системы Co–Cr–W количество аморфной фазы увеличивается. Установлено, что в трех исследуемых сплавах системы Co–Cr–W при легировании Ni и Fe (сплав В3К) фиксация аморфного состояния приводит к повышению физико-механических характеристик данного сплава ( $HV = 800$ ,  $E = 225$  ГПа,  $\sigma = 1276$  МПа). В сплаве системы Co–Cr–W дополнительно легированного V (сплав В4К) происходит двукратное повышение микротвердости и снижение нормального модуля упругости ( $HV = 1376$ ,  $E = 114$  ГПа,  $\sigma = 1170$  МПа). В сплаве системы Co–Cr–W дополнительно легированного Zr, Ni и Ti (сплав В5К) происходит двукратное повышение предела прочности при растяжении и микротвердости, при относительно небольшом снижении нормального модуля упругости, что связано с большим содержанием аморфной фазы  $\approx 60\%$  ( $HV = 1039$ ,  $E = 195$  ГПа,  $\sigma = 1556$  МПа). Показана возможность замены классических методов ОМД при получении проволок из сплавов системы Co–Cr–W на их получение методом вытягивания из расплава вращающимся теплоприемником, при этом существует достаточно широкие возможности варьирования механических характеристик путем термической обработки. Показана принципиальная возможность применения волокон из двух сплавов системы Co–Cr–W в составе ЩУ, волокон из сплава системы Co–Cr–W дополнительно легированных Ni и Fe при температурах до  $600^\circ\text{C}$ , волокон из сплава системы Co–Cr–W дополнительно легированного Zr, Ni и Ti при температурах до  $700^\circ\text{C}$ .

Полученные результаты имеют также важное практическое значение. Показана эффективность метода экстракции висящей капли расплава для получения микропроволок из кобальтовых высоколегированных сплавов по сравнению с методами волочения,

главным достоинством метода экстракции висящей капли расплава является отсутствие необходимости множества межоперационных переделов, таких как – ступенчатый отжиг, химической травление, применение разного сортамента фильер и т.д. При применении метода экстракции висящей капли расплава также отсутствует необходимость применения дорогостоящего оборудования, алмазных фильер, происходит сокращение производственных мощностей. Введена в эксплуатацию установка экстракции висящей капли расплава с резистивным нагревом – ЭВКР-РН, позволяющая, за счет применения бестигельной плавки, получать волокна практически из любых материалов, подвергающихся плавлению. При этом проведение процесса возможно как в вакууме, так в среде инертных газов, что позволяет получать волокна из химически активных материалов.

По тексту автореферата возникли следующие замечания.

1. Не указаны режимы, разделяющие получение дискретных и непрерывных волокон.
2. В выводах по работе не указано, какой режим рекомендуется для получения волокон – вакуумный или в среде аргона.

Однако эти недостатки не имеют существенного значения. В целом работа выполнена на высоком научном уровне и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9, к кандидатским диссертациям Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Автор диссертации, Ярошенко Александр Сергеевич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

*Автор отзыва дает согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой Ярошенко Александра Сергеевича, и их дальнейшую обработку.*

Зав. кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор физико-математических наук (01.04.17 – Химическая физика, в том числе физика горения и взрыва), профессор

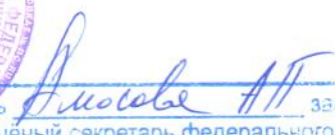


Амосов  
Александр Петрович

Тел. (846) 242-28-89. E-mail: [egundor@yandex.ru](mailto:egundor@yandex.ru).  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, главный корпус.

09.12.2024 г.



Подпись  заверяю  
Учёный секретарь федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»  
Ю.А. Малиновская