РАЗДЕЛ XXXI. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Песков А.В.

Исследование применения импульсной объёмно-легирующей обработки с целью повышения стойкости бурильного инструмента для нефтяных и газовых скважин

*Самарский государственный технический университет
(Россия, Самара)*

doi: 10.18411/lj-06-2021-325

Аннотация

Исследована возможность применения импульсной объёмно-легирующей обработки бурильного инструмента высокоэнергетическим потоком порошковых частиц, что обеспечивает изменение структуры на микроуровне, позволяет повысить стойкость и дальнейшую эксплуатационную эффективность инструмента при бурении нефтяных и газовых скважин.

Ключевые слова: бурильное долото, скважина, импульсная обработка, высокоэнергетический поток частиц, объёмное микролегирование.

Abstract

There is volumetric microdoping treatment of drilling tool by a high energy stream of particles that allows to increase stability and the further operation efficacy of the instrument at boring of oilwells.

Keywords: gadding straight bit, slit, explosive treatment, high-speed stream, volumetric microdoping.

Одним из сложных процессов при добыче нефти и разработке газовых месторождений является операция бурения скважин с применением высокопрочного бурильного инструмента, дальнейшее исследование состава пород [1]. Нефтедобывающая промышленность широко использует в своем арсенале для бурения различные типы долот. Бурение твёрдых пород в основном использует для прохода фрезерные и шарошечные долота: фрезерные долота с достаточно несложной конструкцией и трёхшарошечные долота, в которых шарошка является основным ударным элементом. Промышленные предприятия в РФ и за рубежом по изготовлению необходимых типов долот в принципе обеспечивают заданные эксплуатационные характеристики [2].

Шарошки изготавливаются в основном из сталей с высокими прочностными характеристиками - это хромоникелевые стали марки 17ХН2, 10ХН3, 12ХН2 (табл.1,2) и другие [3].

Таблица 1

Химический состав сплава 12ХН2, примеси (% не более).

марка сплава	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
12ХН2	0.09-0.16	0.3-0.6	0.17-0.37	0.6-0.9	1.5-1.9	0.35	0.35

Таблица 2

Механические свойства сплава 12ХН2.

$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, кДж/м ²
590	780	12	50	88

Для обеспечения эксплуатационного срока функционирования применяется технология поверхностной обработки для повышения износостойкости. Для данных

типов материалов используется металлургический процесс цементации поверхности с дальнейшей термообработкой.

В результате шарошечные долота имеют стойкость около 15 часов непрерывной работы, что порядка в 20 раз меньше алмазного инструмента. Мировая практика ведущих производителей идёт в сторону замены шарошечного инструмента на алмазный, ввиду недостаточной стойкости [2].

В работе предлагается кроме отлаженного металлургического процесса изготовления долот применить дополнительную упрочняющую технологию с возможностью повышения прочности и износостойкости бурильного инструмента. Так, одним из перспективных методов является импульсная обработка металлических заготовок высокоэнергетическим потоком с направленно ускоренными частицами, приводящая к объёмному легированию элементами частиц обрабатываемого материала [4-7]. Реализация данного процесса обеспечивается при плотности потока частиц около 1 г/см^3 и скорости 1-3 км/с. При размерах частиц порядка 10-100 мкм достигается проникание в металл на глубины до тысячи исходных размеров частиц потока, при этом реализуется объёмное микролегирование металлов в микрizonaх [4,5,8].

Объёмное микролегирование материала происходит при массовом сверхглубоком проникающем действии частиц потока. При обработке материалов одиночными частицами сверхглубокого проникания не происходит.

Структурообразование в материале протекает при формировании микротрещин в виде микроканалов размером около одного микрометра, который схлопывается за счёт давления в материале за частицей. Внутри микротрещиновых следов формируются микрizonaы с остатками материалов частиц, формируются химические соединения в результате взаимодействия частицы и материала преграды в виде волокон. Возникающие новообразования имеют стабильный характер и сохраняются даже при последующей термообработке. Вокруг микротрещины частицы формируется зона аморфизации материала. Далее формируется зона интенсивной пластической деформации, структура которой зависит от материала преграды. Это может быть ячеистая структура и развитая дислокационная структура [4]. Данная пластически деформированная зона формируется в пределах четырёх диаметров проникающей частицы.

При обработке потоком частиц инструментальных сталей зарегистрировано стабильное повышение физико-механических свойств обрабатываемых материалов. Изменяется структура на макроуровне – повышается твёрдость на глубине до десятков миллиметров. Метод обработки потоком высокоскоростных частиц в заданных режимах повышает износостойкость на глубине до 35 мм [4,5]. При создании поверхностных покрытий также наблюдается повышение износостойкости инструментальных материалов.

Для установок на горных породах и пластов сложного строения для шарошек применяют твердосплавные марки сталей ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, имеющие в структуре 3-15% карбида вольфрама в связке с кобальтом (табл.3) [3].

Таблица 3

Свойства твёрдых сплавов

Марка сплава	WC, %	Co, %	Сопротивление изгибу, МПа	Плотность, г/см^3	Твёрдость, HRA
ВК3	97	3	1000	14.9-15.3	89
ВК6	94	6	1200	14.6-15.0	88
ВК8	92	8	1300	14.4-14.8	87.5

Однако разработка горных пластов с крепкими породами приводит к поломкам твёрдосплавных структур в материале инструмента. Данные поломки инструментов связывают с особенностями твердосплавной структуры – при высокой износостойкости

твёрдый сплав плохо сопротивляется ударным нагрузкам из-за относительной прочности. Предложено реорганизовать вольфрамокобальтовую прослойку структуры новыми материалами несколько ниже по износостойкости, но выше по прочности. Тогда вместо отказов при поломках будут только потери по износостойкости [4].

При этом возможно устранить проблемы с циклическим нагревом при проведении бурильных работ. При трении идёт разогрев режущей части и появление дефектов в виде трещин, что приводит к дальнейшему разрушению инструмента.

Проведены исследования быстрорежущих инструментальных сталей после импульсной обработки потоком частиц с объёмным микролегированием Р9К5, РМ4К8 и Р6М5К5 (5.7-6.7% W, 4.8-5.3% Mo, 4.7-5.2% Co), работающие в условиях повышенного разогрева и ударных нагрузок (табл.4) [4].

Таблица 4

Механические свойства стали Р6М5К5.

$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	НВ·10 ⁻¹ , МПа	КСУ, кДж/м ²
510	850	269	180

После обработки быстрорежущих инструментальных сталей потоками разных составов частиц никеля, вольфрама, хрома, железа, карбида хрома, карбонитрида титана, из них изготавливались резцы, фрезы и развёртки для испытаний. Рассчитан коэффициент повышения стойкости при опытных испытаниях по обработке стали 45 (предел прочности на растяжение $\sigma_B=588$ МПа, твёрдость проката НВ·10⁻¹=299 МПа). В результате стойкость при обработке повысилась в 1.4-1.8 раз при обработке по стали [4].

Разработан ряд схем взрывных технологий разгона частиц и обеспечения объёмного микролегирования за счёт проникания частиц в объём материала – торцевое метание [5,6], применение кумулятивного заряда [4], схема обработки повышенной эффективности [9,10].

Для промышленного применения данной обработки можно применить автоматизированный технологический процесс взрывной обработки материалов потоком высокоскоростных частиц [11].

Таким образом, исследование возможности применения импульсной объёмно-легирующей обработки бурильного инструмента с применением высокоэнергетического потока с направленно ускоренными частицами обеспечивает изменение структурообразования на микроуровне при проникании частиц, что дополнительно приводит к насыщению легирующими элементами в микроразделах, позволяет повысить прочностные характеристики, стойкость и дальнейшую эксплуатационную пригодность инструмента при разработке нефтяных и газовых скважин.

1. Ольховская, В.А. Техногенный литогенез и минералогический состав реперных осадков в межколонном пространстве нефтяных скважин [Текст] / В.А. Ольховская, А.В. Песков, В.В. Коновалов. Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2017. - №4.- С.32-40.
2. Мингазов, Р.Р. Долота для бурения по твёрдым породам [Текст] / Р.Р.Мингазов, А.М.Шарипов. – М.:Бурение и нефть. – 2012.- №12.- С46-48.
3. Марочник стали и сплавов [Текст]. 4-е изд. Под общей редакцией Ю.Г.Драгунова и А.С.Зубченко / Сост. Драгунов Ю.Г., Зубченко А.Г., Каширский Ю.В., Дегтярёв А.Ф., Жаров В.В., Колосов М.М., Орлов А.С., Скоробогатых В.Н. – М.:2014.-1216 с.
4. Ушеренко, С.М. Сверхглубокое проникание частиц в преграды и создание композиционных материалов [Текст] / С.М. Ушеренко. - Минск: НИИ Импульсных процессов. - 1998. – 210 с.
5. Алексенцева, С.Е. Особенности взаимодействия потока высокоскоростных дискретных частиц с материалами [Текст] / С.Е.Алексенцева. - Самара: РИО СамГТУ.- 2015. - 192 с. ISBN 978-5-7964-1857-4

-
6. Алексенцева, С.Е. Взрывное микролегирование и упрочнение потоком высокоскоростных частиц сварных швов рельсовых стыков и конструкций [Текст] / С.Е. Алексенцева, И.В. Захаров. - Технология металлов. - 2018. - N10. - С.18-24.
 7. Алексенцева, С.Е. Упрочнение сварного шва рельсового стыка [Текст] /С.Е.Алексенцева. - Вестник СамГТУ. Серия "Технические науки". - 2016.- N1(49). - С.130-137.
 8. Алексенцева, С.Е. О размерных характеристиках при динамической обработке материалов потоком частиц в режиме сверхглубокого проникания [Текст] / С.Е.Алексенцева - Самара: Изд. НИЦ, «Л-Журнал», Тенденции развития науки и образования.- 2020. – ноябрь, №67, Часть 2. - С.6-9.
 9. Патент RU № 157633 U1, МПК C21D 7/00, B22F 3/08 опубл. 10.12.2015 г. Установка для получения дисперсноупрочнённых взрывом материалов [Текст] / С.Е.Алексенцева, И.В.Захаров.
 10. Алексенцева, С.Е. Повышение эффективности обработки материалов потоком высокоскоростных дискретных частиц [Текст] / С.Е. Алексенцева. - Вестник СамГТУ. Серия "Технические науки". - 2015.- N1(45). - С.142-145.
 11. Алексенцева, С.Е. Автоматизированный технологический процесс взрывной обработки материалов потоком высокоскоростных частиц [Текст]/ С.Е. Алексенцева. - Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т.18, №10. – С.54-58.
-