

РАЗДЕЛ III. ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УДК 534.232

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ СВЕРЛЕНИИ ГРУНТА

С.С. Хмелев, В.Н. Хмелев, Д.В. Генне

В статье рассматривается система контроля параметров ультразвукового устройства и температурных режимов сверления пористых материалов (грунтов) посредством ультразвуковых колебаний. В результате проведенных исследований установлены зависимости изменения резонансной частоты колебательной системы и скорости сверления грунта от глубины засверливания, послужившие основой для проектирования ультразвуковой колебательной системы устройства сверления грунтов.

Ключевые слова: ультразвук, сверление, амплитуда, скорость сверления

Введение

Сверление грунта путем выполнения отверстий малого диаметра (до 25 мм) и забор образцов без изменения структуры, состава и температуры исследуемого материала является одной из важных проблем при исследовании поверхности других планет и небесных объектов, а также при проведении геологоразведочных сверлений в удаленных и труднодоступных районах Земли

Контроль параметров ультразвуковой колебательной системы

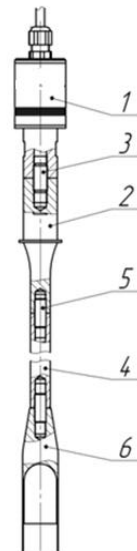
При использовании традиционного сверлильно-долбежного оборудования забор образцов неизбежно сопровождается существенным повышением температуры в зоне разрушения грунта. Повышение температуры из-за интенсивного нагрева рабочего инструмента за счет трения обуславливает невозможность обеспечения сохранности замороженных и летучих компонентов в отбираемых образцах.

В связи с этим, перспективным путём развития технологии глубокого сверления отверстий малого диаметра для забора образцов грунта является наложение на рабочий инструмент ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

Эффективность использования ультразвукового сверлильного оборудования определяется амплитудой механических колебаний торца рабочего инструмента и резонансной частотой колебательной системы. Обусловлено это тем, что эффективность реализации технологических процессов определяется максимально достижимой амплитудой

колебаний (значений колебательных смещений), а максимальные значения амплитуд достигаются при возбуждении УЗКС на резонансной частоте.

Для проведения сверлильных работ в пористых материалах (имитирующих земные и неземные грунты) предложена ультразвуковая колебательная система (УЗКС), схематично представленная на рисунке 1. и подробно описанная в работе [1, 2].



1 – пьезоэлектрический преобразователь в корпусе; 2 – трансформатор колебательной скорости (концентратор); 3 – стягивающая шпилька; 4 – промежуточное звено; 5 – стягивающая шпилька; 6 – рабочий инструмент

Рисунок 1 – Конструкция УЗКС для сверлильных работ в пористых телах.

РАЗДЕЛ III. ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Известно, что при использовании сверлильно-долбежного оборудования, наиболее теплонагруженными участками являются зоны соприкосновения инструмента с обрабатываемым материалом. Следовательно, в процессе сверления возникает необходимость контролировать такие параметры процесса, как температура, скорость сверления.

Поэтому для реализации системы контроля, применительно к рабочему инструменту, необходимо реализовать измерение амплитуды механических колебаний и собственный нагрев рабочего инструмента, обусловленный потерями на внутреннее трение в материале.

Измерения амплитуды механических колебаний рабочего окончания колебательной системы производились при создании, настройке и калибровке оборудования стробоскопическим способом [3]. Разработка специализированной колебательной системы и электронного генератора для ее питания позволили обеспечить амплитуду колебаний торца рабочего инструмента равной 30 мкм при допустимых энергетических затратах. Это значение амплитуды колебаний оказалось достаточным для проведения сверлильных работ.

Для непрерывного измерения резонансной частоты УЗКС в процессе воздействия не применим классический метод построения амплитудно-частотных характеристик из-за неизбежных прерываний УЗ воздействия и снижения скорости бурения по мере заглубления инструмента в грунт.

Поэтому для непрерывного контроля резонансной частоты УЗКС производилось измерение частоты выходного напряжения генератора, питающего УЗКС в процессе воздействия. Это возможно благодаря применению в генераторе системы автоматической подстройки частоты генератора в соответствии с любыми изменениями собственной частоты колебательной системы.

Обычно для поддержания частоты выходного напряжения равной резонансной частоте УЗКС применяется система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). В качестве информативных параметров для системы ФАПЧ используется сдвиг фаз между током и напряжением питания УЗКС. К сожалению, этот способ оказался неприменимым из-за влияния изменяющейся в процессе работы собственной емкости пьезоэлементов. Поэтому для системы ФАПЧ вместо тока колебательной системы был использован только ток её механической ветви, что позволило поддерживать частоту выходного напряжения генератора соответствующей резонансной частоте УЗКС [4]. Для выделения

тока механической ветви из полного тока пьезоэлектрического преобразователя УЗКС используется схема выделения тока механической ветви [5], представленная на рисунке 2.

Непрерывный контроль резонансной частоты УЗКС позволил установить, что во время сверления резонансная частота разработанной УЗКС изменяется. Это происходит вследствие демпфирования стенок рабочего инструмента по мере его заглубления в грунт. Для уменьшения демпфирования возникла необходимость оптимизировать конструкцию колебательной системы и рабочего инструмента.

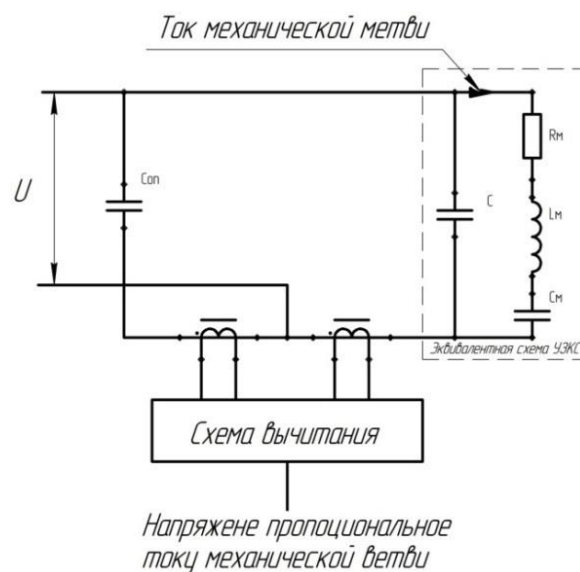
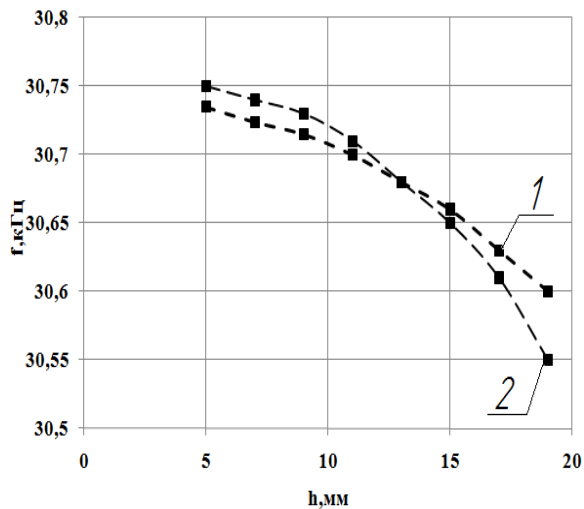


Рисунок 2 – Схема выделения тока механической ветви.

Контроль параметров колебательной системы при использовании различных по форме рабочих инструментов и сравнение их резонансных характеристик в процессе сверления позволило выявить большую эффективность рабочего инструмента ступенчатого вида за счет снижения демпфирования боковой поверхности и меньшего ухода резонансной частоты. Зависимость резонансной частоты от глубины сверления для ступенчатого инструмента, в сравнении с рабочим инструментом трубчатой формы показан на рисунке 3.

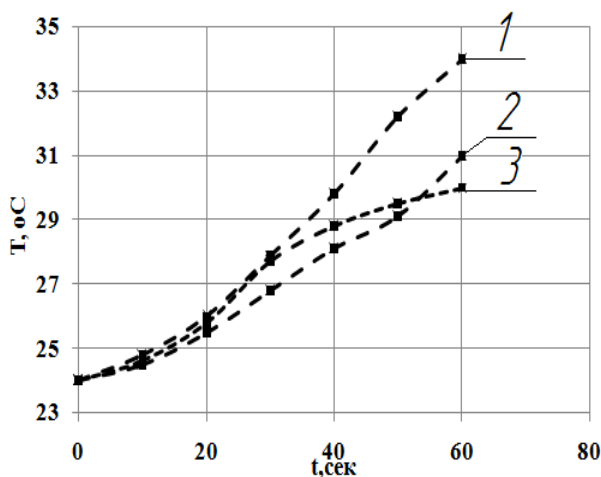
Для контроля теплового режима сверления образца грунта были реализованы непрерывные измерения температуры в зоне выверливаемого образца. Для этого, в предварительно выполненный в материале для сверления канал помещалась термопара на расстояние 5 мм от поверхности образца. Затем вокруг установленной термопары производилось сверление в течение 1 минуты. Результаты контроля температуры показаны на рисунке 4.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ СВЕРЛЕНИИ ГРУНТА



1 – для ступенчатой конструкции; 2 – для первоначальной конструкции

Рисунок 3 – Зависимости резонансной частоты УЗКС от глубины сверления для разных типов рабочих инструментов

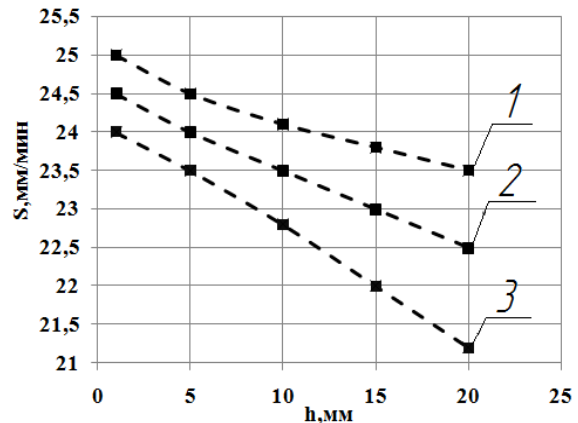


1 – УЗ воздействие – с 100% амплитуды; 2 – УЗ воздействие – с 75% амплитуды; 3 – УЗ воздействие – с 50% амплитуды.

Рисунок 4 – Изменение температуры от времени сверления при различных амплитудах УЗ воздействия.

Измерение скорости сверления производилось путем измерения глубины следа (длины высверленного образца), полученного за 1 минуту. В качестве образца имитатора лунного грунта был использован блок пенобетона. Результаты контроля скорости сверления представлены на рисунке 5.

Из полученных зависимостей следует, что скорость сверления изменяется во времени (падает). Это обусловлено демпфированием стенок рабочего инструмента по мере его заглубления в образец даже при оптимальной (ступенчатой) конструкции рабочего инструмента.



1 – УЗ воздействие – с 100% амплитуды; 2 – УЗ воздействие – с 75% амплитуды; 3 – УЗ воздействие – с 50% амплитуды.

Рисунок 5 – Зависимости скорости от глубины сверления.

Выводы

Таким образом, в результате выполненной работы был предложена и разработана система контроля параметров ультразвукового устройства и температурных режимов сверления пористых материалов (грунтов) при использовании ультразвуковых колебательных систем. По результатам исследования сделаны следующие выводы:

- сверление образцов грунта с использованием ультразвуковых колебаний не вносит значительных изменений в температурный режим высверливаемого образца (изменение температуры образца в зоне сверления не превышает 10°C по отношению к начальной температуре образца), что позволяет использовать оборудование подобного типа для проведения геологоразведочных работ и исследования поверхности других планет;
- уход резонансной частоты колебательной системы по мере заглубления в грунт можно уменьшить, выполнив рабочий излучающий инструмент ступенчатым. Это позволяет выполнять отверстия большей глубины при сверлильных работах в пористых телах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2503815 Российская Федерация, МПК7 E21C51/00. Ультразвуковое грунтозаборное устройство [Текст] / В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок, В.А. Нестеров, И.Г. Митрофанов, В. И. Костенко, Д.В. Генне; заявитель и патентообладатель ООО "ЦУТ АлтГТУ"; опубл. 10.01.2014. Бюл. №1. – 13с.

РАЗДЕЛ III. ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

2. The development of experimental sample of ultrasonic equipment for the intake of lunar soil [Текст] / V.N. Khmelev [и др.]. // XIII International Conference and Seminar on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2012. – P.162–169.
3. Источники ультразвукового воздействия. Особенности построения и конструкции [Текст] : монография / В.Н. Хмелев, [и др.]. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – 196 с.
4. Донской А.В. Ультразвуковые электротехнологические установки [Текст] / А.В. Донской, О.К. Келлер, Г.С. Картыш. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.
5. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве. [Текст]: монография / Хмелев В.Н. [и др.]. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. Ун-та, 2007. – 400 с.

Директор по науке, д.т.н. Хмелев В.Н. - ynh@bti.secna.ru; инженер-программист Генне Д.В. - gdv@bti.secna.ru, ведущий конструктор Хмелев С.С. - ssh@bti.secna.ru – ООО «Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ», (3854) 43-25-70

УДК 620.179.14.05; 544.46

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НАНОПЛЕНОК СПЛАВОВ Nb-SE ДЛЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

А.В. Ишков, В.А. Новоженев, А.В. Новоженев, Н.Е. Стручева, Д.Н. Лященко, С.Ф. Дмитриев, В.Н. Маликов

Нанопленки сплавов (60 нм для состава Се:Nb - 4:1 и 4 нм для Се:Nb - 1:4) были получены импульсным вакуумным напылением на предварительно подготовленные кварцевые и Pt-Pd подложки, методом вихревых токов определена удельная электропроводность пленок, а оптическим - исследована топохимическая реакция их окисления кислородом воздуха при 25 °С.

Ключевые слова: сплавы Се:Nb, подложка, импульсное вакуумное испарение, нанопленки, метод вихревых токов, визуально-оптический метод, кинетика окисления

Введение

Большинство из эксплуатируемых в настоящее время коммерческих и научных сверхпроводящих электронных устройств (высокоточные кабели, силовые обмотки трансформаторов, обмотки магнитов для магниторезонансной томографии, дипольные магниты Большого Адронного Коллайдера (БАК), соленоиды исследовательских термоядерных установок в США, Европе и России и пр.) в качестве основного сверхпроводящего материала используют проволоку, ленту или композиционные материалы на основе сплава Nb-Ti с массовой долей ниобия 46-48,5 %, относящиеся к низкотемпературным сверхпроводникам (НТСП) [1].

Особенности конструкции сверхпроводящих устройств обеспечивают не только ступенчатое многостадийное охлаждение их токопроводящих жил до температуры перехода НТСП в сверхпроводящее состояние (сначала жидкий азот – 77К, затем жидкий водород – 20К, и, наконец, жидкий гелий – 4К), но и сохранение рабочей температуры (4,2-4,5 К для сплавов Nb-Ti), а также поддержание необходимой вакуумной

теплоизоляции между слоями различных хладагентов. Кроме того, определенные технические трудности представляет включение сверхпроводящего участка электрической линии в цепь работающую при обычных температурах (240-300 К) с высоким электрическим сопротивлением. Возникающие при этом резкие скачки токов, поверхностных магнитных полей и напряжений существенно снижают эффективность передачи электрической энергии по сверхпроводнику и способны нарушить нормальную работу всей электрической системы [2]. Указанные проблемы могут быть решены путем создания контактных и барьерных материалов на основе сплавов Nb с редкоземельными металлами (РЗМ), в которых электрофизические и низкотемпературные свойства могут регулироваться в широких пределах, а сам материал должен эксплуатироваться одновременно при низких и высоких температурах, в вакууме и в воздушной (окислительной) среде.

В конструкциях современных сверхпроводящих электронных устройств второго поколения сверхпроводник используется в виде тонких пленок или композитных слоев,

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014