

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ

**ISO
12679**

Первое издание
2011-08-01

Газотермическое напыление. Рекомендации

Thermal spraying – Recommendations for thermal spraying

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.itech.ai)

ISO 12679:2011

<https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава ISO



Ссылочный номер
ISO 12679:2011(R)

© ISO 2011

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на установку интегрированных шрифтов в компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe - торговый знак Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами – членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просим информировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12679:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011>



ДОКУМЕНТ ОХРАНЯЕТСЯ АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2011

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие.....	iv
Введение	v
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Основной материал	2
5 Геометрия компонента	3
6 Напыляемые материалы	4
6.1 Общие положения	4
6.2 Выбор напыляемых материалов	4
6.3 Поставка, обращение и хранение	4
7 Газы для напыления.....	4
8 Жидкое топливо для распыления.....	5
9 Оборудование для напыления	6
9.1 Общие положения	6
9.2 Распыляющее устройство	6
9.3 Механическое оборудование, вращающиеся устройства, погрузочно-разгрузочные системы, роботы	6
9.4 Важное вспомогательное оборудование	6
10 Подготовка поверхности перед напылением	7
10.1 Общие положения	7
10.2 Общая предварительная подготовка, обезжиривание, очистка.....	7
10.3 (дробе)струйная обработка и другие методы подготовки.....	7
10.4 Защита поверхностей, на которые не требуется напылять покрытие	8
11 Процедура газотермического напыления	9
11.1 Технические условия.....	9
11.2 Применение процесса напыления	10
12 Обработка покрытия после нанесения	11
13 Аспекты охраны здоровья, окружающей среды и безопасность	12
14 Рекомендации по обеспечению качества.....	13
14.1 Меры по обеспечению качества.....	13
14.2 Квалификация персонала	14
15 Испытания компонентов и соответствующие образцы	15
15.1 Общие положения	15
15.2 Испытания на самом компоненте	15
Библиография.....	16

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) представляет собой всемирную федерацию, состоящую из национальных органов по стандартизации (комитеты-члены ISO). Работа по разработке международных стандартов обычно ведется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в теме, для решения которой образован данный технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные организации, правительственные и неправительственные, поддерживающие связь с ISO, также принимают участие в работе. ISO тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, приведенными в Части 2 Директив ISO-IEC.

Основное назначение технических комитетов заключается в разработке международных стандартов. Проекты международных стандартов, принятые техническими комитетами, направляются комитетам-членам на голосование. Для их опубликования в качестве международных стандартов требуется одобрение не менее 75 % комитетов-членов, участвовавших в голосовании.

Внимание обращается на тот факт, что отдельные элементы данного документа могут составлять предмет патентных прав. ISO не несет ответственность за идентификацию каких бы то ни было или всех подобных патентных прав.

ISO 12679 был подготовлен Техническим комитетом ISO/TC 107, *Металлические и другие неорганические покрытия*.

standards.iteh.ai
ISO 12679:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011>

Введение

Газотермическое напыление включает процессы, используемые в производстве покрытий и отдельных деталей, для чего напыляемые материалы оплавляют на поверхности, сплавляют или расплавляют и затем переносят на соответствующим образом подготовленные поверхности деталей. При этом поверхности детали, на которые наносят покрытие, сами не расплавляются. Для достижения специальных свойств газотермическое покрытие можно подвергать последующей дополнительной обработке или, в другом случае, например, уплотнение.

Газотермические покрытия служат для улучшения свойств поверхности детали при изготовлении или ремонте. Покрытия могут выполняться, например, для защиты от износа, коррозии, для улучшения теплоизоляции или теплопередачи, электропроводимости или электроизоляции, внешнего вида и/или для восстановления детали и приведения ее в рабочее состояние. В определенных случаях газотермическое покрытие может сделать поверхность паяемой.

Главным образом, за счет механизма сцепления (с основой), газотермические покрытия без последующей термической обработки можно отличить от покрытий, наносимых другими процессами, например, наплавкой, твердой пайкой, физическим осаждением из паровой фазы (PVD) или химическим осаждением из паровой фазы (CVD).

Газотермическое напыление обладает следующими преимуществами.

- Подлежащие покрытию детали нагреваются только в незначительной степени, так чтобы избежать искривления или других нежелательных структурных изменений основного материала. Это не касается случаев, когда покрытия проходят термическую обработку в процессе напыления или после него.
- Нанесение покрытия не зависит от размера детали из компонента. Операция напыления может производиться в стационарном режиме или в движении, в зависимости от процесса напыления.
- Даже на компоненты со сложной геометрией можно нанести покрытия, используя соответствующую установку для напыления.
- Необработанные газотермические покрытия обычно дают поверхность, к которой хорошо прилипает краска.
- В зависимости от процесса напыления и напыляемого материала можно получить слои покрытия различной толщины, хотя на данный момент толщина покрытия приблизительно 10 мкм считается нижним предельным значением.

Недостатки, связанные с процессом напыления, следующие:

- прочность сцепления газотермических покрытий без последующей термообработки обеспечивается только силами адгезии;
- на прочность сцепления может подвергаться влиянию, за счет несовпадения температурного расширения между материалом покрытия и материала основы, что особенно проявляется в случае высокотемпературных операций;
- газотермические покрытия являются микропористыми;
- чем толще слой покрытия, тем выше остаточные напряжения в покрытии, и, таким образом, увеличивается степень многоосевого напряжения;
- газотермические покрытия без дополнительной термической обработки чувствительны к давлению на край, локализованным и линейным нагрузкам и к напряжениям от удара;
- существуют ограничения в отношении геометрических размеров, например, для внутренних покрытий деталей, внутренний диаметр которых слишком мал.

Газотермическое напыление. Рекомендации

1 Область применения

Настоящий международный стандарт включает общее руководство для высокого уровня производства металлических, металло-керамических, оксидо-керамических и пластмассовых покрытий посредством газотермического напыления на металлические или неметаллические основные материалы.

Настоящий международный стандарт представляет рекомендации по подходящей и практичной установке газотермического напыления, безотказного производства, мониторинга, обеспечения качества и для неразрушающих и разрушающих испытаний на компоненте и образце. В стандарте подробно описываются негативные эффекты, которые могут возникнуть. В нем также даются рекомендации о том, как предупредить такие эффекты.

Допустимые нагрузки на покрытие и категории оценки качества не являются предметом настоящего международного стандарта, поскольку зависят от рабочих условий.

Настоящий международный стандарт можно использовать при заключении контрактов.

2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные документы обязательны для применения данного документа. Для датированных ссылок применяется только указанное издание. Для недатированных ссылок применяется самое последнее издание указанного документа (включая все изменения).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-3452-1>, *ISO 3452-1, Неразрушающий контроль. Метод проникающих жидкостей. Часть 1. Общие принципы*

ISO 14231, *Газотермическое напыление. Приемочный контроль оборудования для газотермического напыления*

ISO 14232, *Газотермическое напыление. Порошки. Состав и технические условия поставки*

ISO 14918, *Газотермическое напыление. Аттестация операторов*

ISO 14919, *Газотермическое напыление. Проволока, стержни и шнуры для газопламенного напыления и электродуговой металлзации. Классификация. Технические условия поставки*

ISO 14920, *Газотермическое напыление. Напыление и наплавление самофлюсующихся сплавов*

ISO 14921, *Газотермическое напыление. Методики применения газотермических покрытий машиностроительных компонентов*

ISO 14922-1, *Газотермическое напыление. Конструкции с газотермическим напылением. Требования к качеству. Часть 1. Руководящие положения по выбору и использованию*

ISO 14922-2, *Газотермическое напыление. Конструкции с газотермическим напылением. Требования к качеству. Часть 2. Всеобъемлющие требования к качеству*

ISO 14922-3, *Газотермическое напыление. Конструкции с газотермическим напылением. Требования к качеству. Часть 3. Стандартные требования к качеству*

ISO 14922-4, *Газотермическое напыление. Конструкции с газотермическим напылением. Требования к качеству. Часть 4. Элементарные требования к качеству*

ISO 14923, *Газотермическое напыление. Определение характеристик и проведение испытаний покрытий, наносимых методом газотермического напыления*

ISO 14924, *Газотермическое напыление. Последующая обработка и отделка газотермических покрытий*

3 Термины и определения

В настоящем документе используются следующие термины и определения.

3.1

(дробе)струйное упрочнение
shot-peening effect

упрочнение под давлением, создаваемым при обдувке дробью

3.2

уровень звукового давления
sound pressure level

среднее значение давления издаваемого звука

ПРИМЕЧАНИЕ Уровень звукового давления измеряется в децибеллах (дБ).

3.3

травление
etching

удаление материалов поверхности

ПРИМЕЧАНИЕ Травление можно осуществлять с помощью жидкостей (жидкостное химическое травление) или газов (сухое травление, плазменное травление). Реактив для травления вступает в химическую реакцию с поверхностью травления.

3.4

ионное травление
ion-etching

удаление материала обстрелом поверхности частицами с высокой энергии типа ионов

ПРИМЕЧАНИЕ Ионы выбивают материал в точке удара. Эта процедура используется в плазменной технологии (технология вакуумного напыления).

3.5

коронный разряд
corona discharge

диэлектрический разряд в воздухе после превышения интенсивности пробоя поля; молекулы воздуха будут ионизироваться с образованием быстро распадающегося озона

4 Основной материал

Теоретически на любой тип твердого материала можно нанести покрытие с помощью газотермического напыления, при условии, что его поверхность подготовлена соответствующим образом. Достижимая прочность сцепления покрытия и поверхностью, на которую оно наносится, зависит от напыляемого материала, технологии напыления и физических и технологических свойств используемого основного материала. На прочность сцепления, среди прочего, в частности влияет теплопроводность основного материала по сравнению с проводимостью напыляемого покрытия и состояния поверхности основного материала. В общем, упрочняемые материалы требуют, чтобы наносимое покрытие обладало

адекватной прочностью сцепления. Возможную толщину покрытия можно ограничить в зависимости от используемого связующего материала. Определенные процессы упрочнения поверхности, например, "азотирование", могут оставлять газовые включения, которые будут препятствовать надлежащему сцеплению.

На множество пластмасс, а также на стекло и бумагу можно нанести газотермическое покрытие, если использовать подходящий процесс напыления и метод обработки поверхности, адаптированный для соответствующего материала.

Поскольку детали, на которые осуществляется газотермическое напыление, обычно слегка нагреваются, необходимо максимально избегать нежелательных структурных изменений основного материала и изменений геометрии компонента за счет искривления. В то же время может возникнуть деформация, полученная в результате интенсивной (дробе)струйной обработки при подготовке поверхности, особенно поверхности деталей с тонкими стенками, или в результате остаточных напряжений при сжатии на поверхности основы, вызванных связанной с процессом (дробе)струйной обработкой. Если покрытия проходят термическую обработку в процессе напыления (процессы с одновременным плавлением) или после напыления, могут возникнуть нежелательные структурные изменения и значительные изменения геометрии детали.

С целью обеспечения качества в процессе производства основные материалы и компоненты, подлежащие напылению покрытия, следует хранить таким образом, чтобы избежать повреждений и/или нежелательных изменений формы или поверхности.

5 Геометрия компонента

Применение газотермического напыления не зависит, в максимально возможной степени, от размера детали или компонента, на которые наносится покрытие. Это справедливо, главным образом, для газопламенного и электродугового напыления. Для газопламенного напыления и HVOF (высокоскоростного газопламенного) напыления, обычно требуются герметичные распылительные камеры из-за высокой степени шумов и выбросов пыли. В результате могут возникнуть ограничения размеров компонентов.

При использовании газотермического напыления необходимо рассмотреть определенные предварительные условия, касающиеся практической установки. Если следовать таким правилам, то даже на сложные с точки зрения геометрии детали можно квалифицированно нанести покрытие. Самые важные правила можно сформулировать следующим образом:

- площадь, на которую наносится покрытие, должна быть доступна для пистолета-распылителя со всеми электрическими и/или газовыми соединениями, и должны соблюдаться необходимая дистанция напыления и угол напыления;
- следует избегать острых кромок; такие кромки не покрываются с помощью газотермического напыления;
- следует избегать уменьшенных радиусов скругления, в противном случае может возникнуть турбулентность в распылительной форсунке, которая, в свою очередь, может привести к неудовлетворительным покрытиям с точки зрения прочности сцепления и плотности;
- нежелательны проблемы с турбулентностью: налипание свободных частиц на стенки возникает в большей степени в узких отверстиях или слепых отверстиях;
- чтобы предотвратить отслаивания покрытия, предпочтительным считается напыление покрытия на закругленные или скошенные кромки;
- аргументы, перечисленные для газотермического напыления, т.е. доступность, острые кромки, уменьшенные радиусы скругления, расточные отверстия и слепые отверстия, также применимы в (дробе)струйной обработке, используемой при подготовке поверхности для напыления.

6 Напыляемые материалы

6.1 Общие положения

Напыляемые материалы, используемые для газотермического напыления, охватывают очень широкий диапазон различных материалов. Теоретически возможно напылять любой материал, из которого можно изготовить твердую проволоку, проволоку с наполнителем, стержень, шнур или порошок, и который не возгоняется в дуге или плазме или не разлагается при прохождении через пламя. В особом случае напыления из плавильных ванн материал обрабатывают в жидком состоянии.

Обычно следующие напыляемые материалы можно использовать для газотермического напыления:

- металлы;
- металлокерамика;
- твердые фазы, внедренные в матрицу;
- оксидокерамика, пластмассы, а также различные гибридные материалы.

6.2 Выбор напыляемых материалов

Важной задачей для конструктора и/или лица, ответственного за технологию напыления, является выбор напыляемого материала, которые наиболее подходит для данной задачи. Основой выбора является требуемый профиль потребностей, последующие рабочие условия и наиболее удобный процесс напыления. Коррозионные и/или амортизационные нагрузки, например, могут определить профиль потребностей. Рабочие условия в трибологической системе могут определяться повышенной температурой или рабочими температурами, которые колеблются на определенном уровне, а также, в некоторых случаях, скоростью. Наиболее подходящая технология напыления отличается с точки зрения способности выполнения требований к покрытию, например, плотности, прочности сцепления, пористости, чистоты и т.д. Здесь решающую роль играют соответствующие данные по процессу, такие как температура в пламени, в дуге или в плазме, время задержки частиц в горячей зоне и скорость частиц в полете и при ударе о покрываемую поверхность.

Основные напыляемые материалы стандартизованы. В стандартах установлено следующее: химический состав материала и его форма подачи в виде порошка со специальными свойствами, основанными на технологическом процессе, форме частиц и распределении частиц по размерам, или в виде проволоки, стержня или шнура.

Применяются следующие международные стандарты:

- для порошка: ISO 14232;
- для проволоки, стержней и шнуров: ISO 14919.

6.3 Поставка, обращение и хранение

Форма поставки и ее постоянство от партии к партии, особенно в отношении напыляемых порошков, играет главную роль в обеспечении единого качества готового покрытия. По этой причине рекомендуется, чтобы производство, поставка и распространение подлежали оценке и мониторингу в рамках соответствующей системы менеджмента качества. Детали, касающиеся такой процедуры, описаны в EN 12074.

7 Газы для напыления

Во всех процессах газотермического напыления используются технические газы. В зависимости от процесса напыления эти газы или их смеси применяются в качестве топлив, ускорителя горения, плазменного газа, защитного газа, несущего газа или атомизирующего газа, газа, подающего порошок, или охладителя части, на поверхность которой наносится покрытие, или даже в качестве распылителя.

Физические и химические характеристики технических газов, используемых для газотермического напыления, заметно отличаются друг от друга. С учетом этих параметров, газ или газовая смесь, которые используются в технологическом процессе и выполняют требования к материалам, можно выбрать для любой технологии газотермического напыления.

В основном, используются следующие газы:

- в качестве горючего газа: ацетилен (C_2H_2), пропан (C_3H_8), пропилен (C_3H_6), этен (C_2H_4), водород (H_2), природный газ;
- в качестве плазменного газа: аргон (Ar), гелий (He), водород (H_2), азот (N_2) и их смеси;
- в качестве ускорителя горения: кислород (O_2);
- в качестве защитного газа: аргон (Ar), азот (N_2);
- в качестве несущего или атомизирующего газа: сжатый воздух, азот (N_2), аргон (Ar);
- в качестве газа для подачи порошка: аргон (Ar), азот (N_2);
- для охлаждения: сжатый воздух, диоксид азота (CO_2).

В зависимости от технологии напыления и цели нанесения покрытия, варьируют высокий уровень чистоты, требуемый для газов. Производитель газа несет ответственность за чистоту газа, уровень которой должен поддерживаться на предприятии заказчика в процессе наполнения, транспортирования и расхода, а также в трубопроводной системе.

В общем, достаточно указать чистоту газов, используемых в газотермическом напылении, числовыми значениями согласно числу девяток до и после запятой ($4,6 = 99,996\%$). Обычно для газотермического напыления используют газы следующей чистоты:

— Этен	3,5	ISO 12679:2011
— Кислород	3,5	https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011
— Водород	3,0	
— Азот	4,6	
— Аргон	4,6	
— Гелий	4,6	

Для газопламенного напыления, в частности, чистота газов имеет большое влияние на срок годности системы форсунка-электроды.

8 Жидкое топливо для распыления

В некоторых задачах, высокоскоростное газопламенное напыление применяется с использованием жидкого топлива, например, керосина, *N*-парафина, тест-бензола или бензина. Необходимо поддерживать низкий уровень содержания серы ввиду требований к охране окружающей среды. Необходимо учитывать температуру вспышки, температуру испарения и чистоту, а также следовать дополнительным инструкциям от поставщика оборудования.

9 Оборудование для напыления

9.1 Общие положения

Оборудование для газотермического напыления включает распылительное устройство со всем электрическим оборудованием и оборудованием для подачи газа и регулирующими системами, возможно, ручной системой, плюс периферийные установки, такие как система выхлопа и фильтрации, распылительные ванны и звукоизоляция. Современные установки часто включают дополнительное оборудование для мониторинга параметров напыления и последовательности движений с помощью видеокамер.

9.2 Распыляющее устройство

Распыляющее устройство определено в ISO 14917 как оборудование, требуемое для газотермического напыления.

В международном стандарте ISO 14231 дается руководство по квалификации распылительной установки, включая транспортную систему для напыляемого материала. К ISO 14231 можно также обратиться при мониторинге состояния установки газотермического напыления.

9.3 Механическое оборудование, вращающиеся устройства, погрузочно-разгрузочные системы, роботы

В дополнение к параметрам напыления для плавления и выплавливания, а также транспортирования напыляемого материала, решающее влияние на качество газотермического покрытия оказывают дистанция, выставление угла и относительное перемещение пистолета относительно обрабатываемой детали. Для максимального поддержания этих параметров следует использовать механизированный процесс напыления, там где возможно, вместо ручного.

Погрузочно-разгрузочная система должна выполнять следующие требования:

- способность к перемещениям, развитию скорости и позиционированию с точностью, соответствующей назначению;
- достаточная допускаемая статическая и динамическая нагрузка;
- стабилизация дистанции напыления;
- невосприимчивость управляющих и регулирующих систем к воздействиям со стороны операции напыления, например, при зажигании плазменной горелки, и в отношении пыли и тепла от пламени при напылении, а также к воздействию электродуги или плазмотрона;
- простая компоновка и программирование погрузочно-разгрузочной системы или вращающегося устройства.

9.4 Важное вспомогательное оборудование

Вспомогательное оборудование, важное для газотермического напыления, включает оборудование для охлаждения системы горелки и возможно, питания, тоже, для охлаждения детали и/или покрытия, для обнаружения, удаления откачкой и транспортирования пыли, сбора пыли на подходящую фильтровальную систему, которая в то же время выпускает отработанный воздух, смешанный с остатками горючего или плазменного газа в атмосферу, в безопасном режиме и в соответствии с требованиями регламентов по охране окружающей среды. Распылительная ванна и камера звукоизоляции также являются важными компонентами вспомогательного оборудования.

Периферийное оборудование, особенно оборудование для обнаружения и удаления пыли от напыления, также может повлиять на качество газотермического покрытия посредством воздействия