

Материаловедение

УДК 621.762

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ПОТОКОМ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ДИСКРЕТНЫХ ЧАСТИЦ

С.Е. Алексенцева

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Исследованы используемые в настоящее время принципиальные схемы обработки материалов потоком высокоскоростных порошковых частиц, разогнанных энергией взрыва заряда взрывчатого вещества и реализующих эффект сверхглубокого проникания. Показана эффективность взрывных схем метания потоков частиц на основе кумулятивного эффекта и торцевого метания с точки зрения минимизации расходной массы порошковой навески, однородности потока и площади однократной обработки заготовки. Разработана новая принципиальная схема обработки материалов в режиме сверхглубокого проникания за счет конфигурации нижнего торца заряда взрывчатого вещества в виде сферического сегмента, позволяющего осуществить метание частиц в виде расширяющегося конуса, увеличивая площадь обработки и однородность плотности потока. Метод позволяет обеспечить объемное микролегирование металлической заготовки и повысить прочностные характеристики.

Ключевые слова: высокоскоростной поток порошковых частиц, металлическая заготовка, сверхглубокое проникание, эффективность обработки.

Обработка материалов высокоэнергетичными потоками является наиболее эффективной и перспективной областью технологий по созданию материалов с новыми уникальными свойствами. К данной области относится метод обработки металлов и сплавов потоком высокоскоростных дискретных частиц, разогнанных энергией взрыва в режиме сверхглубокого проникания частиц (СГП частиц), что обеспечивает микролегирование материалов в объеме заготовки и упрочнение. Эффект СГП реализуется в интервале метания скоростей частиц 1–3 км/с при давлении соударения частиц с преградой 10–15 ГПа и более, плотности потока около 1 г/см³, что обеспечивает проникание частиц (дисперсностью порядка 100 мкм) в металлы и сплавы на глубину более сотен размеров частиц [1].

Задачи и обоснование необходимости исследования и разработки. Изначально эффект СГП был открыт и реализован с помощью взрывных ускорителей за счет кумулятивного эффекта, где расходная навеска порошковых частиц размещалась в кумулятивной выемке заряда взрывчатого вещества (ВВ), как, например, показано в работе [2]. В данном методе реализации СГП при иници-

Светлана Евгеньевна Алексенцева (к.ф.-м.н., доц.), доцент кафедры «Технология твердых химических веществ».

ровании заряда ВВ порядка 10–15 % порошковой навески переходит в рабочую высокоскоростную струю 1 (рис. 1) со скоростью 0,3–0,5 D, где D – скорость детонации взрывчатого вещества, используемого в ускорителе, причем плотность не превышает 1–1,5 г/см³. Основная часть (40–60 %) расходной части порошка 2 имеет скорость 0,1–0,3 D и соответствует значению менее 1 км/с при плотности потока 2–4 г/см³. Остальная часть порошка формируется в виде песта 3 с еще меньшей скоростью. При этом в конструкции кумулятивного ускорителя применяется отсечение низкоскоростной части кумулятивной струи.

Поставлена задача повысить эффективность обработки материалов в режиме СГП.

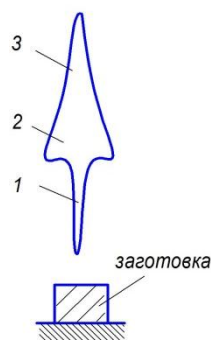


Рис. 1. Формирование струи порошковых частиц за счет кумулятивного эффекта:
1 – высокоскоростная струя; 2 – основная часть потока; 3 – пест

Результаты работы

По результатам ранее проведенных исследований [3] показано, что повышение плотности потока высокоскоростных частиц не приводит к увеличению концентрации проникающих частиц. Наиболее эффективной плотностью с точки зрения проникающей способности частиц является 1 г/см³ или несколько менее. Поэтому наиболее эффективным является переход от формирования сложной кумулятивной струи к метанию потоком с необходимой плотностью. Данные требования реализованы по нескольким схемам – метание частиц торцевым способом (обстрел частицами под разными углами к обрабатываемой поверхности, в том числе косо ударной волной) и с помощью канальных зарядов ВВ.

Наибольший эффект был достигнут при обработке материалов по методу торцевого метания частиц энергией взрыва заряда ВВ, при этом поток высокоскоростных порошковых частиц формируется в ориентирующем канале установки [1]. Для данного способа практически 100 % объема частиц формируются в поток с необходимыми энергетическими параметрами, имеются только технологические потери расходной массы порошка. В зависимости от вида элементов и соединений метаемых частиц достигается максимальная концентрации проникающих частиц 4–6 % в объеме заготовки.

Повышение эффективности обработки материалов в режиме СГП за счет разгона порошковых частиц энергией взрыва можно произвести по направлению увеличения площади однократной обработки, равномерности распространения потока и минимизации потерь расходной массы порошка.

Разработана новая ударно-волновая схема реализации СГП частиц, основанная на метании тонкого слоя порошковых частиц. Конструктивно схема включает заряд взрывчатого вещества, выполненного в нижней части в виде сегмента сферического с радиусом R, задаваемого расчетным соотношением высоты сег-

мента к диаметру заряда h/d . На нижнюю сферическую поверхность заряда наносят рабочий слой порошковых частиц, что обеспечивает после инициирования заряда формирование потока высокоскоростных дискретных частиц в виде метательного расширяющегося конуса в сторону заготовки и обработку с высокой равномерностью плотности и максимальной площадью обстрела заготовки частицами, реализуя эффект сверхглубокого проникания частиц.

Принципиальная схема установки обработки материалов показана на рис. 2. Электродетонатор 1 предназначен для инициирования заряда взрывчатого вещества 2. Рабочий порошковый слой 3 нанесен (возможно клеевым или прессовым способом) на нижнюю сферическую поверхность заряда ВВ. Заготовка 5 располагается в корпусе установки 4 на расчетном расстоянии. Максимальная площадь обработки обеспечивается сферической конфигурацией нижнего среза заряда ВВ в виде сферического сегмента с радиусом R . Необходимый радиус закругления R обеспечивается отношением высоты сферического сегмента к диаметру заряда ВВ в размерной области ориентировочно порядка $0,05 < h/d < 0,2$. Площадь нижнего основания конуса метаемых частиц соответствует площади поверхности заготовки 5.

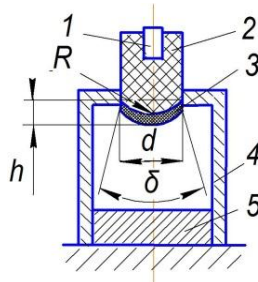


Рис. 2. Принципиальная схема установки, обеспечивающей СГП частиц с максимальным охватом площади обработки:

1 – детонатор; 2 – заряд ВВ; 3 – метаемый порошок; 4 – корпус; 5 – заготовка

Данная установка обеспечивает режимы сверхглубокого проникания частиц с применением заряда ВВ. Из основных бризантных ВВ применимы вещества с наибольшей скоростью детонации, чтобы обеспечить необходимую скорость метания частиц и их сверхглубокое внедрение. Скорость потока порошковых частиц (дисперсность порядка 1–100 мкм) составляет порядка 1–3 км/с. Плотность потока частиц – до 1,0 г/см³. Давление соударения с матрицей составляет порядка 10–20 ГПа. Обработанные материалы в результате совокупного действия метаемого потока частиц и ударно-волнового воздействия получают фрагментацию микроструктуры. При проникании частиц формируются схлопнувшиеся каналы размером около 1 мкм с наноструктурированной вокруг канала зоной и остатками материалов частиц. Данные режимы обработки также обеспечивают повышение твердости и прочности в 1,2–1,5 и более раз [4].

Установка обеспечивает эффективный угол разлета частиц порядка $\delta = 60\text{--}70^\circ$. Углы разлета частиц более 90° нецелесообразны, так как имеет место краевой эффект для заготовки, проявляющийся в том, что в краевых областях заготовки изменяется градиент треков частиц. Также может увеличиться доля холостого обстрела частицами, приходящаяся на боковые стенки установки 4.

Предлагаемая установка дает уход от больших однократных навесок метаемого вещества к многократным маленьким навескам, тем минимизируя эффект разрушения, вырывания и размывания поверхности исходной заготовки, получа-

емых от кумулятивных струй с большими навесками рабочего расходного порошка. В целом установка увеличивает площадь обработки частицами матрицы относительно кумулятивных ускорителей [2] на порядок и сокращает расходную массу порошка в несколько раз, обеспечивая эффект сверхглубокого проникания частиц и объемного микролегирования матрицы.

Основные выводы по работе:

1. Исследована эффективность основных динамических методов обработки материалов высокоскоростным потоком частиц в режиме СГП и показано, что наиболее эффективным является метание слоя частиц торцевым способом, формирующим поток необходимой плотности.

2. Предложена новая ударно-волновая схема обработки материалов в режиме сверхглубокого проникания частиц, обеспечивающая повышение эффективности однократной обработки за счет максимального охвата площади, однородности плотности потока и минимизации расходной массы порошка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексенцева С.Е., Кривченко А.Л. Исследование особенностей обработки металлов и сплавов высокоскоростным потоком дискретных частиц, разогнанных энергией взрыва канальных зарядов и другими динамическими методами // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 2. – С. 71-78.
2. Андилевко С.К., Дыбов О.А., Роман О.В. Осесимметричный взрывной ускоритель с конической выемкой, заполненной порошком // ИФЖ. – 2000. – Т. 73. – № 4. – С. 797-801.
3. Алексенцева С.Е., Кривченко А.Л. Воздействие потока высокоскоростных дискретных частиц с различными характеристиками на металлы // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2014. – № 2(42). – С. 56-61.
4. Aleksentseva S.E., Krivchenko A.L. Materials for the biomedicine, received by processing metals the high-speed stream of the discrete the particles, generated by the shock wave // Shock Waves in Condensed Matter: Proc. of Int. Conf. – Kiev, Ukraine, 16–21 September. – 2012. – P. 435-438.

Статья поступила в редакцию 15 января 2015 г.

PINCH OF EFFICIENCY OF MACHINING OF MATERIALS FLOW OF HIGH-SPEED DISCRETE CORPUSCLES

S.E. Aleksentseva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

Circuit diagrammes of machining of materials now in use by a flow of the high-speed magnetic character corpuscles accelerated by energy of explosion of a charge, and implementing effect super-deep permeatings are explored. Efficiency of explosive plans of a throwing of particle fluxes on the basis of a cumulative effect and an end throwing from the point of view of minimisation of account mass of a magnetic character hinge fitting, uniformity of a flow and the square of single-valued machining is shown. The new circuit diagramme of machining of materials in a regime super-deep permeatings at the expense of a configuration of the lower back of a charge in the form of a globe calotte is developed, allowing to execute a throwing of corpuscles in the form of a dilated cone, increasing the square of machining and uniformity of fluence. The method allows to supply volumetric microalloying of metal preform and to increase strength properties.

Keywords: high-speed flow of magnetic character corpuscles, metal preform, super-deep permeating, efficiency of machining.

Svetlana E. Aleksentseva (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.