

Перспективы совершенствования технологического процесса импульсной резки непрерывнолитых заготовок

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
Национальный технический университет «ХПИ»*

Проанализованы основные направления исследований, связанные с усовершенствованием технологического процесса импульсной (высокоскоростной) резки заготовок, получаемых способом непрерывного литья. Описаны методы точного дозирования (стабилизации) расходуемой энергии цикла машины импульсной резки, позволяющие избежать «прикова» на завершающем этапе импульсной резки. Рассмотрена проблема возникновения нежелательного продольного импульса в сторону кристаллизатора криволинейной МНЛЗ («попятного» импульса), изложены методы борьбы с нежелательным импульсом, применение которых позволяет усовершенствовать технологический процесс высокоскоростной резки.

Ключевые слова: импульсная (высокоскоростная) резка, машина непрерывного литья заготовок, машина импульсной резки, математическое моделирование.

Введение

Ранее в публикациях [1 – 2] было показано, что применение механического режущего оборудования импульсного действия (машин импульсной резки – МИР) эффективно и позволяет повысить производительность разливки металла, получаемого на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Известны термические (к ним относят газовую и плазменную резку), механические (импульсная резка и резка ножницами) и электрические методы резки сортовых заготовок, однако лишь импульсная резка позволяет обеспечить необходимую производительность разливки при повышенных скоростях вытягивания заготовок (более шести метров в минуту).

Поэтому исследования, направленные на усовершенствование технологического процесса импульсной (высокоскоростной) резки непрерывнолитых сортовых заготовок, актуальны и имеют большое практическое значение.

Основные направления совершенствования технологического процесса импульсной резки непрерывнолитых заготовок

Рассмотрим основные направления совершенствования технологического процесса импульсной резки.

1. Разработка методик стабилизации (точного регулирования) расходуемой энергии цикла машины импульсной резки [1, 3]

Ввиду того, что количественное регулирование кинетической энергии подвижных частей МИР по ходу реза невозможно и необходимо надежно разделять заготовки различных сечений из различных материалов, система регулирования режущего агрегата задает тепловому приводу избыток энергии (3...5% от работы, потребной для разделения конкретной заготовки), который необходимо расходовать при «прикове» заготовки.

Научные исследования по первому направлению включают в себя изучение особенностей смесеобразования в камере сгорания МИР [3]. На рис. 1 показаны результаты численного исследования процесса смесеобразования в камере сгорания МИР.

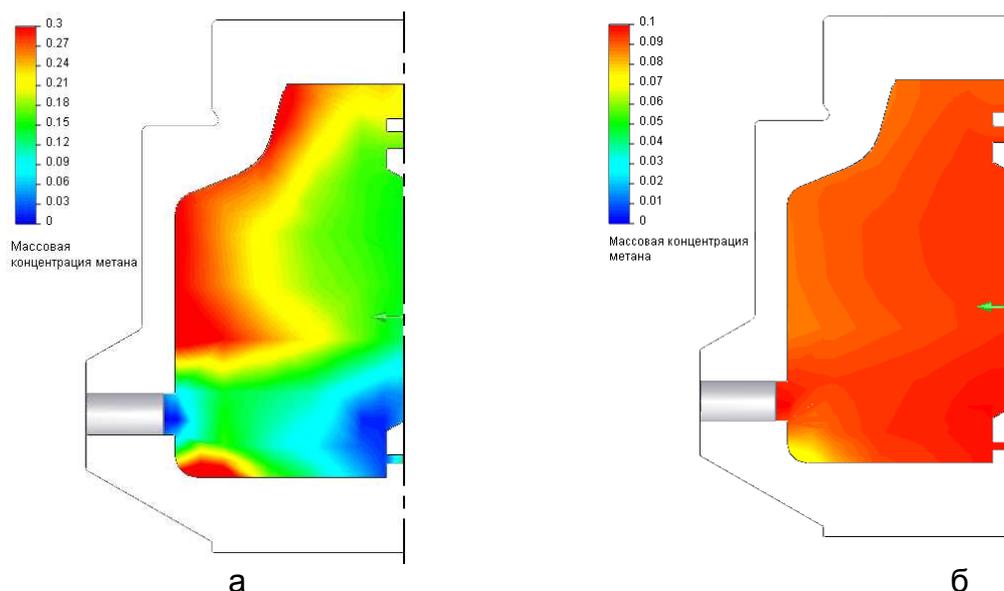


Рис. 1. Содержание топлива (метана) в смеси:
а – раздельное дозирование; б – совместное наполнение камеры сгорания

Пакеты современных прикладных программ (например, ANSYS) позволяют проводить анализ процессов смесеобразования с применением метода конечных элементов и получать решения, близкие к данным натурных экспериментов.

Целью исследований является обеспечение стехиометрического состава смеси во всех зонах камеры сгорания с центральным телом – запирающе-перепускным устройством. При этом можно рассмотреть различные варианты трехмерной конфигурации камеры сгорания МИР – с различным количеством и расположением впускных и выпускных клапанов, свеч зажигания и других элементов. С помощью математических моделей можно также исследовать различные варианты получения рабочей смеси (с контролем по величинам давлений, времени наполнения камеры каждым из компонентов и др.).

Перспективны также использование современных средств определения температуры заготовки в месте реза (которая, в свою очередь, определяет потребную работу разделения заготовки), а также разработка современных систем автоматического управления работой режущего агрегата и его взаимодействия с МНЛЗ (САУ МИР).

2. Исследование особенностей динамического взаимодействия элементов системы «Машина импульсной резки – режущий инструмент – заготовка» в целях устранения нежелательного продольного импульса (т. н. «попятного» импульса) в сторону кристаллизатора криволинейной МНЛЗ, возникающего в некоторых случаях в процессе импульсной резки [1, 4]

Экспериментальные исследования в г. Эшвайлере (Германия) и на Молдавском металлургическом заводе показали, что при установке импульсного режущего агрегата с клиновидным режущим инструментом на криволинейных (в том числе радиальных) МНЛЗ в некоторых случаях при резке возникал нежелательный продольный импульс силы в сторону кристаллизатора, который нарушал технологический процесс разлива. Поэтому для его устранения необходимо разработать новые схемы резки, перераспределить усилия в системе «МИР – режущий инструмент – непрерывнолитая заготовка», применить ножи специальной конструкции или способы их крепления либо использовать другие методы.

В настоящее время можно выделить такие основные методы уменьшения нежелательного продольного импульса:

1. Существенное уменьшение усилия в направлении кристаллизатора МНЛЗ при снижении давления боковой грани ножа на торец заготовки путем перераспределения усилий, скоростей и перемещений в системе «МИР – нож – отрезаемая заготовка» (исследования С. В. Яценко, С. А. Мазниченко).

2. Отсоединение массы МИР от массы разрезаемой заготовки при достижении в зоне между ножами напряжений, соответствующих пределу текучести материала при определенной температуре (исследования В. Е. Стриженко, С. А. Мазниченко).

3. Уменьшение площади поверхности контактных зон ножа, взаимодействующих со слитком вдоль горизонтальной оси (исследования С. В. Яценко).

4. Вариация угла клиновидности и оптимальный подбор ширины режущей кромки ножей (исследования С. В. Яценко, С. А. Мазниченко).

5. Применение специальных конструкций ножей и способов их крепления (исследования С. В. Яценко, С. А. Мазниченко).

6. Резка ножами комбинированной (полусрезной) конструкции, состоящими из плоской или клиновидной части и сдвиговых выступов. Односторонние плоские или клиновидные части ножей внедряются в металл на некоторую высоту, причем при этом «попятный» импульс еще не возникает. Далее сдвиговые выступы ножей смещают части заготовки одну относительно другой до ее полного разделения, реализуя сдвиговую схему резки (исследования С. А. Мазниченко).

7. Изменение конфигурации транспортного тракта МНЛЗ для обеспечения «провисания» непрерывнолитой заготовки, которое компенсирует появляющийся при резке импульс (исследования С. В. Яценко).

8. Применение машины специальной конструкции (т. н. «следящей» МИР), движущейся во время реза синхронно с движением разделяемой заготовки (исследования С. А. Мазниченко).

Направления 1, 4 – 8 в настоящее время можно считать наиболее перспективными.

Для решения задач по приведенным выше направлениям в настоящее время перспективно применять современные методы математического моделирования (в частности, метод конечных элементов) и широко развитую компьютерную технику (рис. 2).

Математические модели (рис. 2, слева) позволяют проанализировать в ряде точек по высоте контрольного сечения, находящегося на некотором расстоянии от плоскости реза, величины горизонтальных скоростей, от которых будет зависеть величина нежелательного «попятного» импульса.

Полученные данные (величины горизонтальных скоростей, ускорений, «попятного» импульса – рис. 2, справа) позволяют изучить особенности новых схем резки, формы ножей МИР и законов их движения и найти такие законы и схемы резки, которые позволяют полностью устранить или снизить до приемлемых величин нежелательный «попятный» импульс.

Выводы

1. Проанализировано современное состояние вопроса в области резки непрерывнолитых заготовок. Полученные данные свидетельствуют о том, что при увеличении производительности разливки (чего можно добиться увеличением количества ручьев либо, что экономически более целесообразно, увеличением скорости вытягивания непрерывнолитой заготовки) лишь оборудование импульсного

действия позволяет обеспечить требуемую производительность разливки (при скоростях вытягивания более шести метров в минуту).

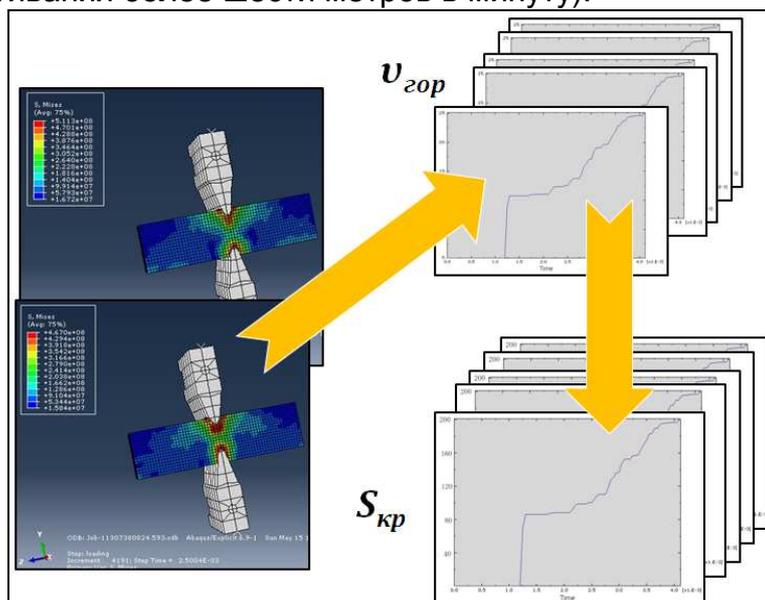


Рис. 2. Решение задачи устранения «попятного» импульса с применением метода конечных элементов

2. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение особенностей смесеобразования в камере сгорания импульсной машины. При этом можно снизить либо полностью устранить избыток энергии, задаваемый системой регулирования МИР и необходимый для надежного отделения заготовки. Перспективно также применение современных систем определения температуры заготовки в зоне реза, а также современных САУ, позволяющих автоматизировать работу режущих агрегатов.

3. Исследование особенностей динамического взаимодействия элементов механической системы «МИР – режущий инструмент – непрерывнолитая заготовка» позволяет проанализировать существующие и предложить новые схемы резки, позволяющие устранить либо снизить до приемлемых величин нежелательный продольный импульс силы («попятный» импульс), возникающий при высокоскоростной резке заготовок на криволинейных МНЛЗ. При этом эффективным методом исследований является анализ рассматриваемых процессов с использованием математических моделей и метода конечных элементов.

Список литературы

1. Импульсная резка горячего металла [Текст] / В. С. Кривцов, А. Ю. Боташев, А. Н. Застела и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2005. – 476 с.
2. Планковский, С. И. Перспективы применения импульсной резки в машинах непрерывного литья заготовок [Текст] / С. И. Планковский, С. А. Мазниченко, Е. Е. Хитрых // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 43 (4). – Х., 2005. – С. 85 – 91.
3. Мазниченко, С. А. Об особенностях смесеобразования в тепловых приводах импульсного оборудования [Текст] / С. А. Мазниченко, С. И. Планковский,

О. С. Борисова // *Авиационно-космическая техника и технология*. – X., 2007. – № 7 (44). – С. 45 – 52.

4. Кривцов, В. С. Математическое моделирование процессов импульсной резки непрерывных слитков [Текст] / В. С. Кривцов, А. Н. Застела, Е. Е. Хитрых // *Вестник национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. – Темат. вып. «Новые решения в современных технологиях»*. – № 47. – X., 2011. – С. 98 – 104.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С. И. Планковский,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 10.06.12

Перспективи вдосконалення технологічного процесу імпульсного різання безперервнолитих заготовок

Проаналізовано основні напрями досліджень, спрямовані на вдосконалення технологічного процесу імпульсного (високошвидкісного) різання заготовок, які отримано способом безперервного розливання. Описано методи точного дозування (стабілізації) наявної енергії циклу машини імпульсного різання, що дозволяють уникнути «приковування» на завершальній стадії імпульсного різання. Розглянуто проблему виникнення небажаного поздовжнього імпульсу у бік кристалізатора криволінійної МБРЗ («позаднього» імпульсу), виділено методи боротьби з небажаним імпульсом, використання яких дозволяє удосконалити технологічний процес високошвидкісного різання.

Ключові слова: імпульсне (високошвидкісне) різання, машина безперервного розливання заготовок, машина імпульсного різання, математичне моделювання.

Prospects of Improvement of Impulse Cutting Process for Continuous Castings

The article analyses the main directions of scientific research works which allow to improve the manufacturing process of impulse (high-speed) cutting of continuous castings. The methods of precise proportioning (stabilization) of cycle energy for impulse cutting machine were analyzed. These methods allow to avoid “pressing” during the last stage of impulse cutting. The problem of undesirable axial force directed to a mold of a curvilinear caster (back impulse) was studied, the methods of its removal were analyzed, these methods allow to improve the manufacturing process of high-speed cutting.

Keywords: impulse (high-speed) cutting, continuous caster, impulse cutting machine, mathematical modeling.