

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.941

Адаменко В.М., Мрочек Ж.А., Крючэк С.Л.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО ТЕПЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Филиал БНТУ «Борисовский государственный политехнический колледж»

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Рассмотрен методический подход к использованию остаточного тепла при производстве заготовок деталей, предложена конструкция устройства для осуществления предлагаемого способа.

На машиностроительных предприятиях для изготовления различных изделий в основном используются заготовки, получаемые различными способами с тепловым или пластическим деформированием материала при формообразовании [1,2].

Развитие и использование в производстве энергосберегающих конкурентоспособных технологий является важным условием, при котором возможен достаточно высокий экономический эффект отечественного машиностроения, что, в свою очередь, требует создания новых, а также совершенствования существующих технологических решений, в частности, при эффективном использовании остаточного технологического тепла, используемого при нагреве материала заготовок.

В этом случае представляет интерес анализ качества использования остаточного технологического тепла поковок и отливок, получаемых в условиях комплексного воздействия температуры на материал при их формообразовании. Известно, что модель использования остаточного тепла отражает зависимость времени и количество расходуемой электроэнергии от параметров возвратной тепловой энергии, характеризующейся температурными показателями. Исходя из [3,4], можно осуществлять технологический инжиниринг с учетом методики конечных элементов и решить задачу анализа использования остаточного тепла заготовок, полученного различными способами с учетом теплового остаточного фактора заготовок, получаемых с деформированием или без деформирующего воздействия, например, в песчано-глинистые формы, выплавляемой модели, под давлением и без давления в кокиле, горячештампованных поковок.

Считаем, что проблему дефицита технологий использования остаточного тепла отливок, поковок можно решить в частности с помощью усовершенствования современных технологий получения заготовок, модернизация и разработкой новых технологических систем на основании имеющихся технологических решений, предлагаемыми авторами работы [5].

При использовании математического аппарата и методики конечных элементов, путем представления технологической системы в виде совокупности отдельных элементов подсистем, связанных не бесконечным, а конечным числом связей, континуальную (непрерывную) систему заменяем дискретной. Внутри отдельного конечного элемента исследуемая область принимается континуальной, однако функции, описывающие его тепловое состояние, следует аппроксимировать некоторыми простейшими функциями, часто имеющими линейный характер. Тогда, непрерывные функции в пределах исследуемой области аппроксимируются кусочно-непрерывными функциями.

Совершенствование технологических процессов можно достигнуть путем его оптимизации с учетом энергопотребляющих показателей технологической системы, например, получение горячештампованных поковок на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), определяющим критерием оптимальности $W_{\text{опт}}$, которой является функциональная зависимость

$$W_{\text{опт}} = f(X, Y, Z, Q_{\text{техн}})$$

где X – искомые параметры, которые обеспечивают наибольшую эффективность в рамках конкретного варианта (режимы нагрева, точность расположения, скорость перемещения заготовки и т.д.);

Y – фазовые параметры, которые являются функцией исковых (сила формообразования, мощность, интенсивность изнашивания инструмента (штампа), параметры точности и др.);

Z – исходные параметры неизменяемые при использовании варианта технологического процесса (жесткость технологической системы, свойство материала обрабатываемой заготовки и т.д.).

В основе решения оптимизации задач создается модель процесса формообразования, которая отражает зависимость времени нагрева заготовки от параметров режимов формообразования поковки с учетом остаточной тепловой характеристики ее нагрева, которая может использоваться для предварительного нагрева других заготовок. Анализ полученных зависимостей и параметров позволяет предложить структурную схему технологической системы с позиции энергопотребления тепловой энергии, в которой предполагается, что полная электрическая энергия уравнивается использованием тепловой энергии при определённых функциональных зависимостях с обеспечением равновесия подсистем (рис. 1.).

Анализ параметров структурной схемы показывает, что в зависимости от технологических целей использование остаточного тепла материала готовой заготовки (поковки и т.д.) может реализовываться по различным схемам: например, теплота используется на предварительный нагрев заготовок, а остальная часть на отпуск поковки или первоначальная остаточная теплота используется для нормализации поковки, а после нормализации эта же теплота используется на предварительный нагрев заготовок, проведение отпуска и т.д. При этом в структурной схеме можно выделить три основных тепловых уровня, которые при их эффективном использовании обеспечивают более высокий к.п.д. технологической системы до 85 – 90%. Следует отметить, что первый уровень технологической системы включает нагрев заготовки до 1200-1250⁰С и формообразование поковки, второй уровень отбор тепла поковки до 350⁰С, третий уровень использование остаточного тепла поковки для технологических целей до 30⁰С.

В соответствии с нормативными документами [6] основным показателем, характеризующим эффективность использования электрической энергии на производство продукции, является ее общезаводской удельный расход $C_{\text{уд}}$, который определяется из зависимости

$$C_{\text{уд}} = \frac{W}{\Pi} = \frac{W_{\text{техн}} + W_{\text{общ}}}{\Pi},$$

где W – объем потребляемой энергии;

$W_{\text{техн}}$ – технологическая составляющая зависящая от объема выпуска продукции;

$W_{\text{общ}}$ – общая составляющая потребляемой электрической энергии не зависящая от объемов производства продукции;

Π – объем выпуска продукции.

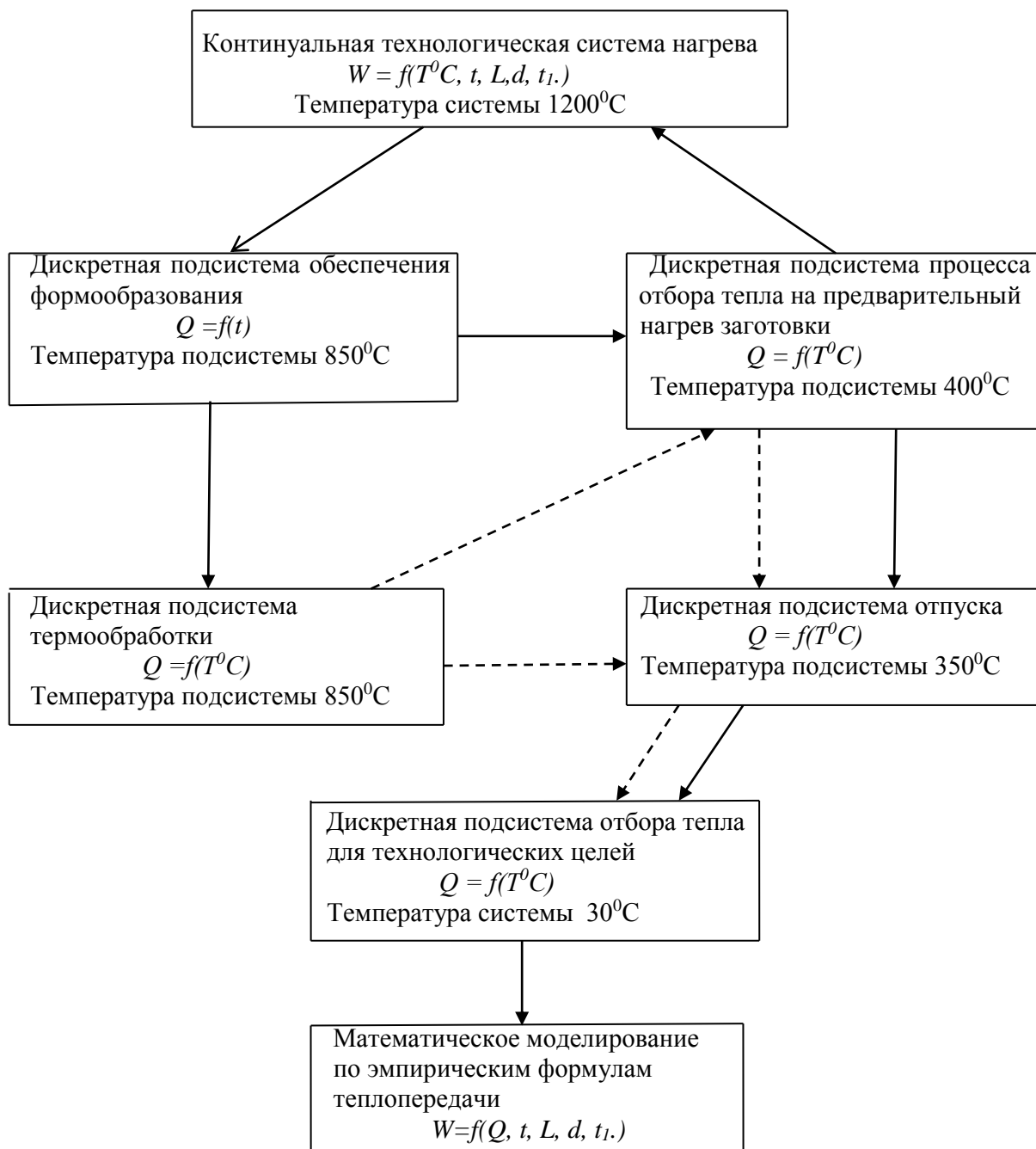


Рис. 1. Уточненная структурная схема функциональной зависимости подсистем, оптимизированной модели процесса формообразования заготовки с использованием предварительного нагрева

Можно предположить, что технологическая составляющая является тем фактором снижения удельного расхода электрической энергии при производстве заготовок (поковок), которая определяется зависимостью:

$$C_{уд} = f(W_{ТЕХН}).$$

Результаты проведенных исследований предполагают, что можно рекомендовать следующие направления использования остаточного тепла заготовок:

- предварительный нагрев цилиндрических заготовок;
- термическая обработка поковок (нормализация, отпуск);
- использование остаточного тепла на технологические цели цеха;

- использование отражающих сферических экранов в конструкции электрических печей для плавления алюминиевых сплавов;
- использование остаточного тепла отливок для подогрева литейных форм, кокилей;
- использование остаточного тепла поковок для термической обработки алюминиевых сплавов, совмещенных установках кузнечно-литейного цеха;
- получение заготовок клинопоперечной прокаткой в среде без окислительного нагрева или вакууме;
- совмещение операций формообразования поковки и обрубки облоя с целью исключения потерь тепловой энергии.

Следует отметить, что проблема рекуперации (возврата) части тепловой энергии и устройство предложены в работе [7] с целью повышения КПД нагревательного оборудования.

Предлагаемый вариант позволяет решить определения оптимального времени нагрева на основании условия параметрической оптимизации с учетом использования остаточной тепловой энергии, определяемой функциональной зависимостью $T = f(X, Y, Z, Q_{ост.})$ в сопоставлении с методиками традиционных расчетов режимов нагрева, используемых в машиностроении. Следует предположить, что основным показателем, характеризующим эффективность использования электрической энергии при производстве горячештампованных поковок, является ее удельный расход, который определяется как,

$$C_{уд} = \frac{Q}{\Pi} = \frac{Q_{ПОКОВ} + Q_{ОСТАТ} + Q_{ТЕХ}}{\Pi},$$

где Q – объем потребляемой тепловой энергии;

$Q_{ПОКОВ}$ – тепловая составляющая формообразования поковки;

$Q_{ОСТАТ}$ – тепловая составляющая после формообразования поковки;

$Q_{ТЕХ}$ – тепловая составляющая, используемая на технологические цели;

Π – программа выпуска.

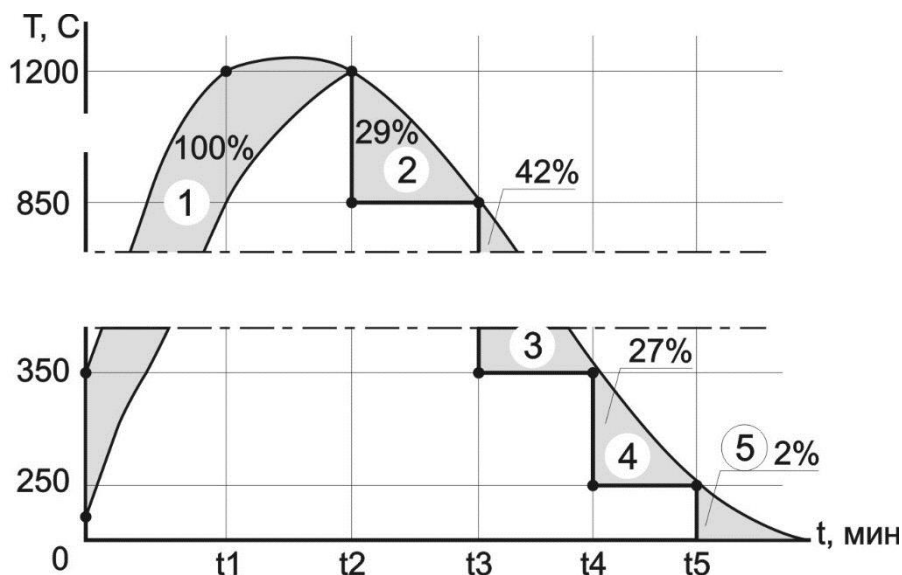


Рис. 2. Распределение использования остаточной теплоты поковки по времени и температуре (поковка массой 9,89кг детали рейка-поршень, изделие завода ОАО «АГУ»)

Распределение теплоты нагрева заготовки в процессе формообразования поковки, ее количество в процентах, а также области использования во времени и интервалах температур представлено на рис.2.

- 1 – область предварительного нагрева заготовки;
- 2 – область формообразования;
- 3 – область отбора теплоты поковки после формообразования для последующего использования;
- 4 – область самоотпуска с использованием остаточной теплоты;
- 5 – область использования остаточной теплоты для технологических целей.

Анализ результатов исследований показал, что на формообразование поковки затрачивается около 29% общей тепловой энергии, что указывает на невысокую эффективность процесса получения поковки, в связи с этим основное направление дальнейших исследований состоит в эффективном использовании остаточного штамповочного тепла.

С этой целью для предварительного нагрева цилиндрических заготовок, нормализации, отпуска поволоков за счёт использования остаточного тепла горячештампованных поволоков разработан вариант конструкции устройства, позволяющий значительно повысить эффективность производства поволоков и экономить значительные энергоресурсы.

Выводы

1. Результаты проведенных исследований и их анализ подтверждает возможность использования остаточного технологического тепла поволоков для предварительного нагрева заготовок (поволоков и т.д.).
2. Предложена конструкция устройства для предварительного нагрева цилиндрических заготовок нормализации, отпуска поволоков с использованием остаточного штамповочного тепла после формообразования.
3. Предложенный способ рекомендуется для практического использования при проектировании и внедрении энергосберегающих технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клименков С.С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учебник /С.С. Клименков. - Минск: Техноперспектива, 2008. - 407 с.
2. Цветное литьё: Справочник / Н.М. Галдин, Д.Ф.Черняга, Д.Ф.Иванчук и др.; Под общ. ред. Н.М. Галдина. – М.; Машиностроение, 1989.-528с.: ил. -)Технология литейного производства).
3. Мрочек Ж.А. Оптимизация параметров формообразования поверхностей резанием по энергопотребляющим показателям технологического оборудования / Ж.А. Мрочек, В.М. Адаменко, Д.В. Адаменко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2007. – с.54-57.
4. Жолобов А.А. Технология автоматизированного производства. Учебник для ВУЗов. Минск.: Дизайн, 2000. 624 с.
5. Адаменко В.М. Технические решения процессов энергосбережения в условиях машиностроительного производства / В.М. Адаменко, Ж.А. Мрочек // «Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки»: тезисы докл. междуна. науч.-техн. конф. (Минск, 5 апреля 2017 г.) - Минск: Бизнесфосет, 2017, - 237с.
6. Толкачева Н.В., Мороз Д.Р. Расчетно-статические модели режимов потребления электроэнергии как основа нормирования и оценки энергетической эффективности. Журнал. Энергоэффективность. – 2006. - № 1,2. с. 14-15, С.23-24.
7. Мрочек Ж.А. Региональное технологическое энергосбережение: проблемы, решения, обучение / Ж.А. Мрочек, В.М. Адаменко //Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып. 29 Минск, БНТУ. -2016. – с.75-80.