

РЕГИОНАЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ:

ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ОБУЧЕНИЕ

Филиал БНТУ «Борисовский государственный политехнический колледж»;

Белорусский национальный технический университет

Изложены технологические подходы в области энергосбережения, предложен замкнутый цикл использования вторичного тепла при производстве горячештампованных поковок.

В современных условиях развития машиностроительного производства ведущая роль отводится специалистам, профессиональная компетентность которых, обеспечивает успешную конкурентоспособность предприятия в условиях рыночной экономики.

Следует отметить, что наиболее важной составляющей в эффективной деятельности предприятия является величина интеллектуального капитала специалистов. Интеллектуальный капитал – это капитал воплощенный в людях в форме их образования, квалификации, профессиональных знаний, опыта, включающий продукцию интеллектуальной собственности овеществленной в виде изобретений, патентов, лицензий, научных докладов, рационализаторских предложений, технологий [1]. В тоже время учебные заведения среднего специального образования машиностроительного профиля в направлении своей деятельности выделяют формирование человеческого капитала – это совокупность накопленных знаний, умений и навыков, полученных в процессе образования и повышения квалификации. Рассматривая подготовку специалистов, в частности филиала БНТУ «БГПК» и сферу их профессиональной деятельности в Борисовском регионе выделено направление в разработке новых и совершенствование существующих технологических процессов в области энергосбережения, формирование научно-исследовательского и опытно-конструкторского интеллектуального капитала.

Одним из важнейших условий подготовки специалиста повышенного уровня [2] является закономерная взаимосвязь его личностных качеств и профессиональной деятельности, так как приобретая их, личность специалиста будет оказывать преобразующее влияние на технологическую действительность. Поэтому подготовка специалиста в реальных условиях производства с использованием современных ресурсов предприятия является весьма актуальной.

Следует отметить, что показателем качества подготовки специалиста является развитие знаний, умений, навыков, направленных на эффективное и творческое решение конкретных профессиональных задач, необходимость к самообразованию и генерированию новых идей. Это в основном достигается индивидуальным способом обучения, который позволяет адаптироваться к креативным, познавательным способностям будущего специалиста, обеспечивая высокую педагогическую эффективность. При этом самостоятельная работа учащегося выступает в роли важнейшего условия качества обучения.

Известно, что 85-90% качества выпускаемой продукции зависит от технологии и только 10-15% от исполнителя.

Развитие и использование в производстве энергосберегающих технологий конкурентоспособных инновационных промышленных технологий является важным условием, при котором возможен решающий прорыв отечественного машиностроения, что в свою очередь требует создания новых, а также совершенствования существующих технологических решений, в частности более эффективного использования энергетического потенциала технологического оборудования. В то же время составляющая различных видов энергии в себестоимости продукции по данным различных предприятий составляет от 4% до 12%, что обосновывает проблему как весьма актуальную.

Основным показателем, характеризующим эффективность использования электрической энергии при производстве продукции, является ее общезаводской удельный расход $C_{уд}$, который определяется

$$C_{уд} = \frac{W}{\Pi} = \frac{W_{ТЕХН} + W_{ОБЩ}}{\Pi},$$

где W – объем потребляемой энергии; $W_{ТЕХН}$ – технологическая составляющая электроэнергии, зависящая от объема выпуска продукции; $W_{ОБЩ}$ – общая составляющая потребляемой электрической энергии, не зависящая от объемов производства продукции; Π – объем выпуска продукции.

Наиболее интересным в машиностроении являются направления снижения удельной составляющей потребления электрической энергии, учитывающие скорость резания с учетом энергетических показателей технологического оборудования, в соответствии с функциональной зависимостью

$$V = f(N, \cos \varphi, \eta),$$

где V – скорость резания; N – мощность электродвигателя главного привода; $\cos j$ – коэффициент мощности; η – КПД электродвигателя.

Задача, на решение которой направлено предлагаемое исследование, является установлением зависимости скорости резания от мощности привода главного движения, с учетом его рабочих характеристик, в частности КПД величина которого принимается в пределах 0,6...0,8 и $\cos j$.

Мощность резания рассчитывается, как

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020},$$

где P_z – тангенциальная сила резания, Н; V – скорость резания, м/мин;
Тангенциальная сила резания рассчитывается по зависимости:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{X_z} \cdot s^{Y_z} \cdot V^n \cdot K_z \quad (1)$$

где C_p – постоянная, зависящая от свойств обрабатываемого материала и условия его обработки; t – глубина резания, мм; s – характеристика подачи, мм/об; V – скорость резания, м/мин; n – показатель степени скорости резания; X_z , Y_z – показатель степени при глубине резания и подачи; K_z – поправочный коэффициент учитывающий конкретные условия обработки.

Преобразуя зависимость (1) получим:

$$N_{рез} = \frac{C_p \cdot t^{X_z} \cdot s^{Y_z} \cdot V^n \cdot K_z \cdot V}{60 \cdot 102}$$

откуда

$$V^n \cdot V = \frac{N_{рез} \cdot 60 \cdot 102}{C_p \cdot t^{X_z} \cdot s^{Y_z} \cdot K_z}$$

На основании равновесия подсистем резания предполагаем

$$N_{рез} = N_{потребл.} = N_{электродвигателя}; N_{рез} = \eta \times N_{электродвигателя}$$

где $N_{потребл.}$ – потребляемая мощность на валу электродвигателя привода (кВт).

$$V^{(n+1)} = \frac{h \cdot N_{ДВ} \cdot 60 \cdot 102}{C_{p \cdot t^{\eta}} \cdot S^{Y_z} \cdot K_z}$$

На основании результатов исследований строим график зависимости $V=f(t, s, \eta)$ (рис. 1) с установлением области нахождения энергосберегающей скорости резания при значениях $\eta = 0,6 \div 0,8$. Методология исследований представлена в работах [4, 5].

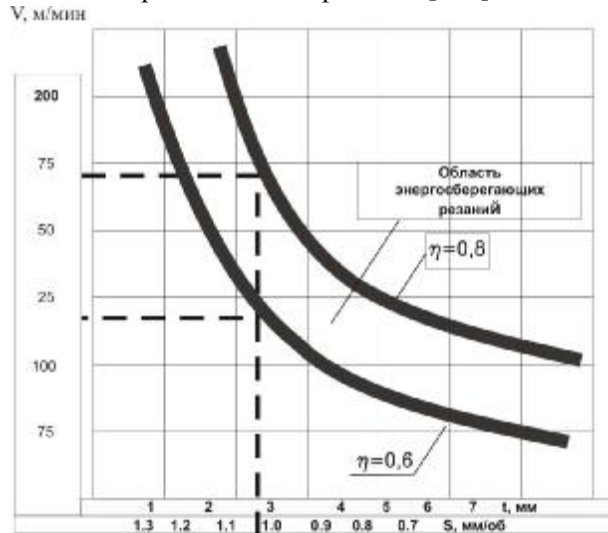


Рисунок 1 – Зависимость скорости резания от КПД электродвигателя привода главного движения

С целью повышения профессиональной подготовки выпускников разработаны [6] дополнительные технологические направления в образовательном процессе, направленные на использование и изучение ресурсов предприятий в области современных технологий и оборудования, а также определены направления, развивающие компетентность учащихся:

- анализ технологичности изделия по потребляемой мощности с позиции технологического инжиниринга;
- определение оптимальной скорости резания по энергопотребляющим показателям технологического оборудования;
- разработка методик проектирования энергосберегающих технологий процесса механической обработки поверхностей деталей;
- совершенствование технологий изготовления заготовок на базовых предприятиях;
- разработка предложений по использованию вторичного тепла горячештампованных поковок ОАО «АГУ»;
- разработка и использование методик проведения предварительной защиты дипломных проектов на базовых предприятиях;
- разработка, оформление и регистрация рационализаторских предложений в учебном заведении и на предприятии;
- разработка методик адаптации программы KELLER для управления станков с ЧПУ на базовых предприятиях;
- согласованность действий и тематики дипломных проектов на базовых предприятиях.

Одной из главных задач подготовки техников является обучение учащихся умению создавать новые технологические системы. При разработке методики обучения проектирования энергосберегающих технологических процессов выделено два направления:

- традиционное направление, заключающееся в том, что процесс проектирования определяется объектом проектирования с использованием традиционных методов;
- инновационное направление, заключающееся в проектировании технологии с различными технологическими системами, которое можно отнести к системному подходу.

Важной составляющей при проектировании, например, энергосберегающих технологий является умение принятия технологического решения или технического решения (ТР), которые

будут направлены на улучшение функциональных или эксплуатационных характеристик изделия. Примерами ТР могут быть: решение о замене оборудования или инструмента в действующем техпроцессе (ТП); конструкций новых станочных приспособлений; математическая модель технологической операции и т.д. Технические решения реализуются в конструкторско-технологической документации.

На основании результатов проведенных исследований предложена структурная схема принятия аналитического решения учащимися по проектируемому техпроцессу (рис.2).

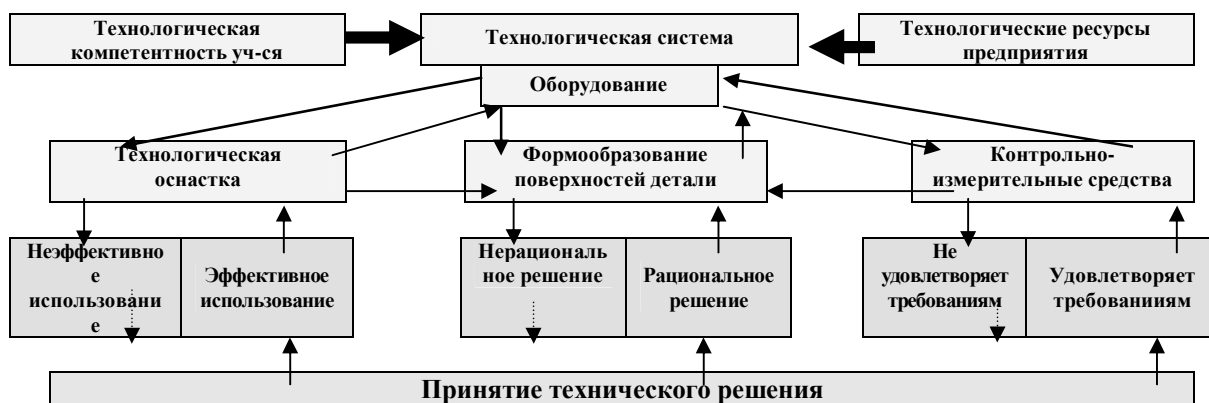


Рисунок 2 – Структурная схема принятия аналитического решения.

Рассматривая структурную схему анализа технологического процесса, учащийся исследует признаки стоимостного инжиниринга, как экономического метода проектирования.

Например, анализируя режимы резания при обработке изделия завода (ОАО «Автогидроусилитель») учащийся может построить график расхода электроэнергии по позициям обработки, который представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – Зависимость расхода электроэнергии по позициям обработки (крышка гидроусилителя ОАО «АГУ»; токарный полуавтомат).

Анализ результатов решения показывает, что разработанный вариант технологического процесса реального производства позволяет в значительной степени экономить энергоресурсы и рекомендуется как альтернативный технологический процесс механической обработки для предприятия.

Следует обратить внимание, что вопросу использования вторичных ресурсов, а в целом ресурсосбережению уделяется много внимания на всех этапах жизненного цикла изделий, как на стадиях проектирования технологических процессов, так и на стадиях производства и эксплуатации. Так, например, эта проблема является весьма актуальной для специалистов, занимающихся технологией изготовления поковок способом горячей объемной штамповки, так как использование остаточного теплового потока можно использовать для подогрева холодной заготовки, например, изготовления детали рейка-поршень рулевого управления изделия завода ОАО «АГУ». Следует отметить, что интенсивность теплового излучения зависит от материала и температуры тела длины волны, состояния поверхности. С возрастанием температуры энергия

излучения увеличивается, так как увеличивается внутренняя энергия тела. При высоких температурах основным видом переноса теплоты является тепловое излучение, так как интенсивность излучения зависит от температуры значительно сильнее, чем конвекция и теплопроводность.

Суммарная плотность теплового потока [7] от горячей поковки к заготовке с учетом площади поверхности поковки определяется, как

$$Q = qF = \frac{e_{\Pi} C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F_1}{F_2}$$

где $e_{\Pi} = 1/(1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2)$ – предельная степень черноты двух тел;

$\varepsilon_1 = 0,87$ – степень черноты нагретой поковки;

$\varepsilon_2 = 0,94$ – степень черноты заготовки;

$C_0 = 5,77 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела;

T_1, T_2 – абсолютные температуры тел, °K;

F_1 – площадь поковки, м²;

F_2 – площадь заготовки, м²

В этом случае площадь поковки приблизительно равна площади заготовки, поэтому принимаем $F_1/F_2 = 1$

$$e_{\Pi} = \frac{1}{\frac{1}{0,87} + \frac{1}{0,94} - 1} = 0,83$$

$$Q = 0,83 \times 5,77 \left[\left(\frac{800 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = \frac{63,1 \text{ кВт}}{\text{М}^2}$$

Температуру предварительно нагретой заготовки определяем с помощью уравнению теплового баланса:

$$C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} (t_{\text{ПОК}} - t) = C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}} (t - t_{\text{ЗАГ}}),$$

где C – удельная теплоемкость стали ($C_{\text{ПОК}} = C_{\text{ЗАГ}} = 0,465 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}$)

$m_{\text{ПОК}}$ – масса поковки, кг ($m_{\text{ПОК}} = 6,9 \text{ кг}$);

$m_{\text{ЗАГ}}$ – масса заготовки, кг ($m_{\text{ЗАГ}} = 7,2 \text{ кг}$);

$t_{\text{ПОК}}$ – остаточная температура поковки, °C ($t_{\text{ПОК}} = 800^\circ\text{C}$);

$t_{\text{ЗАГ}}$ – температура холодной заготовки, °C ($t_{\text{ЗАГ}} = 20^\circ\text{C}$);

t – температура заготовки после нагрева в рекуператоре, °C

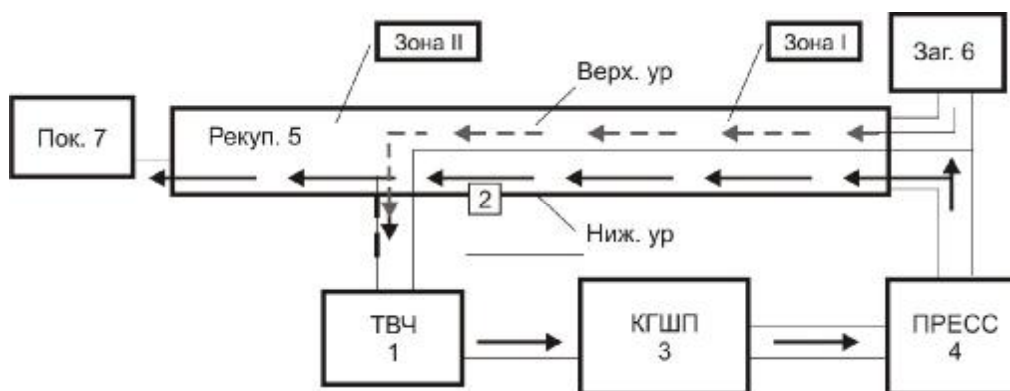
$$C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} t_{\text{ПОК}} - C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} t = C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}} t - C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}} t_{\text{ЗАГ}}$$

$$C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} t_{\text{ПОК}} + C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} t = C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}} t + C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}} t_{\text{ЗАГ}}$$

$$t = \frac{C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} t_{\text{ПОК}} + C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}} t_{\text{ЗАГ}}}{C_{\text{ПОК}} m_{\text{ПОК}} + C_{\text{ЗАГ}} m_{\text{ЗАГ}}} = \frac{0,465 \times 6,9 \times 800 + 0,465 \times 7,2 \times 20}{0,465 \times 6,9 + 7,2 \times 20} \approx 370^\circ\text{C}$$

Для предварительного нагрева заготовок за счет теплового излучения горячештампованных поволоков предлагается конструкция рекуператора, принципиальная схема которого представлена на рисунке 4.

Принцип работы рекуператора заключается в следующем. Нагретые заготовки до температурыковки (1180...1300°C) на установке ТВЧ 1 по транспортеру 2, имеющему безокислительную среду, перемещаются к кривошипному горячештамповачному прессу 3, где производится формообразование поковки. Обрубка облоя осуществляется на прессе 4.



1 – установка ТВЧ; 2 – транспортер с безокислительной средой; 3 – кривошипный горячештамповочный пресс; 4 – пресс; 5 – двухуровневый рекуператор; 6 – бункер для заготовок; 7 – бункер для поковок

Рисунок 4 – Принципиальная схема предварительного нагрева заготовок с применением остаточного тепла поковок

Готовая поковка по транспортеру с безокислительной средой поступает на нижний уровень двухуровневого рекуператора 5. Заготовки для предварительного нагрева подаются с бункера 6 по транспортеру на верхний уровень рекуператора. Рекуператор имеет 2 зоны нагрева. В 1-ой зоне происходит нагрев заготовки до температуры 300...400°C. Отштампованные поковки с температурой менее 300°C поступают в зону 2, где происходит отбор тепла до температуры 60°C и самоотпуск поковок. Затем охлажденные поковки поступают в бункер 7. Предварительно нагретые заготовки подаются на установку ТВЧ. Рекуператор имеет регулируемые скорости перемещения транспортеров, а также места накопления горячештампованных поковок. Контроль температуры осуществляется соответствующими датчикам – термопарами или пирометрами. Дополнительным эффектом по экономии энергоресурсов является снижение времени нагрева заготовки на установке ТВЧ. Например, нагрев заготовки детали «рейка-поршень рулевого управления» по техпроцессу составляет 59 с, а по предлагаемому варианту 46 с, что в целом экономит значительное количество электроэнергии. Использование защитной среды при перемещении нагретой заготовки исключает явление образования окалины и обезуглероживания заготовки, что способствует снижению припуска на механическую обработку.

Реализация предложенных решений позволяет вывести процесс получения заготовок на более высокий технический уровень и в определенной степени проблему необходимости освоения энергосберегающих технологий на производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веденянин И.Э. Модель расхода интеллектуального капитала на основе этапно-функциональной структуризации. Инновационные образовательные технологии 2007 №3(1 с.49-55.
2. Кодекс Республики Беларусь об образовании 13 января 2011 года № 243-3.
- 3.Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Т2/Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К.Мещерякова М:Машиностроение, 1985.
4. Мрочек Ж.А. Концептуальные основы проектирования энергосберегающих технологий. /Мрочек Ж.А., Адаменко В.М. Машиностроение: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып. 20, в двух томах, Т.1/Под ред. И.П.Филонова.-Мн.: УП «Технопринт», 2004-398с.
5. Адаменко В.М. Энергоэффективность процесса резания поверхностей заготовок деталей на основе анализа энергопотребляющих показателей технологического оборудования./ Адаменко В.М., Мрочек Ж.А. Наука и техника. – 2012.- №4 – С.3-6.
6. Адаменко В.М. Концепция регионального проектирования обучения в рамках колледж-предприятие и формирование специалиста инженерного профиля. /Адаменко В.М., Мрочек Ж.А. Материалы Международной научно-методической конференции «Инструменты повышения качества непрерывного профессионального образования» 21-24 мая 2013г. г. Минск, БНТУ.
7. Краснощеков Е.А. и Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. Учеб. пособие для вузов – 4-е изд. Перераб. М.: Энергия, 1980.