

Выбор методов решения вопроса диагностики ТТП для второго режима — режима управления, predetermined тем, что датчики и вторичная аппаратура, реализующая алгоритмы обработки их электрических сигналов, должны выдавать управляющий сигнал в «реальном» времени.

Таким образом, проведен общий анализ практики исследования теплообменных процессов, моделирования и теплового проектирования теплоиспользующих, теплоэнергетических, теплонагруженных агрегатов и др. и разработки соответствующих методов и средств диагностики, построенных на новых принципах — принципах анализа обратных задач теплообмена.

Список литературы

1. Алифанов О.М. Идентификация процессов теплообмена летательных аппаратов. — М.: Машиностроение, 1979. — 216 с.
2. Симбирский Д.М. Тепловая диагностика двигателей. — Киев: Техника, 1976. — 208 с.
3. Маркин А.Д. Нестационарная диагностика теплотехнологических процессов черной металлургии. — Донецк, 1993. — 16 с.
4. Маркин А.Д., Ханна С. Об одной коэффициентной задаче для уравнения Фурье. — В кн: Идентификация Динамических Систем и Обратные Задачи: Сб.докл. второй Международной конф. — Санкт-Петербург, 1994.
5. Markin A. On improving the dynamic characteristics of the thermal processes control systems. — Rad.XXVI Jugoslovenska konferenzija ETAN. — Subotica, 1982. — P. 71–77.

© Маркин А.Д., Данильченко Т.А., Думбур Р.С., 2001

ЕРОНЬКО С.П. (ДОНГТУ), ПИЛЮШЕНКО В.Л. (ДГАУ), ИВАНИЦКИЙ Е.С. (ОАО «ДМЗ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В РАЗРЕЖЕННОЙ АТМОСФЕРЕ

Приведены результаты экспериментов, позволившие оптимизировать основные геометрические параметры устройства, обеспечивающего разрежение в околоструйном пространстве с целью снижения интенсивности вторичного окисления металла при переливе стали из разливочного ковша в промежуточный.

Вопросам защиты стали от вторичного окисления в последнее время уделяется много внимания, поскольку их успешное решение позволяет в значительной мере улучшить целый ряд технико-экономических показателей производства непрерывнолитых заготовок, к числу которых в первую очередь следует отнести выход годного по сталеплавильному переделу, а также удельный расход огнеупорных изделий и инертного газа, выполняющих защитную функцию [1]. В настоящее время, как известно, наиболее эффективными средствами защиты струи металла от воздействия кислорода воздуха при непрерывной разливке считаются специальные камеры с системой поддува инертного газа и погружные огнеупорные стаканы.

Повышенный расход дорогостоящего аргона, подаваемого под давлением в жесткую или эластичную герметичную камеру, а также частые случаи затягивания канала погружного стакана, используемых для защиты струи стали, переливаемой из разливочного ковша в промежуточный, вызывают необходимость проведения работ по совершенствованию методов снижения негативного воздействия атмосферного воздуха на разливаемый непрерывным способом металл.

Одним из нетрадиционных методов снижения интенсивности процесса вторичного окисления стали при непрерывной разливке является обеспечение пониженного

давления в околоструйном пространстве за счет применения специальных устройств, снабженных газоздушными эжекторами [2, 3]. Эффективность применения данных устройств во многом зависит от того, насколько правильно выбраны основные геометрические параметры систем, входящих в их состав: эжектора, проточной камеры и узла герметизации [4].

В настоящей работе приведены результаты лабораторных и промышленных исследований, направленных на повышение эффективности защиты стали от воздействия кислорода воздуха на участке «основной ковш — промежуточный ковш» при непрерывной разливке за счет создания разрежения в полости проточной камеры, окружающей истекающую струю металла.

Невозможность осуществления визуального контроля и отсутствие литературных данных об особенностях газо-гидродинамических процессов, протекающих в объеме защитной камеры, обусловили необходимость проведения предварительных лабораторных исследований сопутствующих физических явлений. Для получения качественной картины изучаемого процесса взаимодействия струи металла с окружающей атмосферой и свободной поверхностью жидкой ванны в полости защитной камеры проводились наблюдения и фотографирование на объемной прозрачной модели (рис. 1) потоков жидкости и траектории движения захватываемых ею вглубь образовавшихся пузырьков воздуха. При этом имитировались два варианта разливки: с поддувом газа в полость защитной проточной камеры и с обеспечением в ней разрежения.

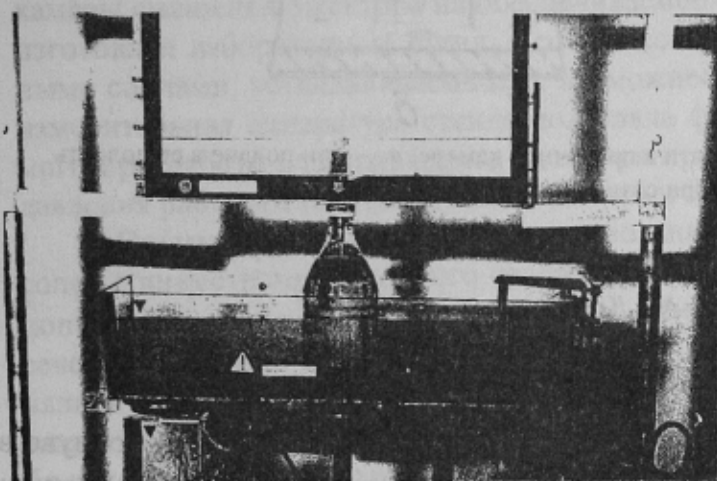


Рис. 1. Лабораторная установка для моделирования процесса непрерывной разливки стали с применением защитной проточной камеры

40 мм. Часть из них, вследствие понижения уровня жидкости в полости проточной камеры, вместе с жидкостными потоками уносилась за ее пределы.

При снижении давления в защитной камере с помощью эжекторного устройства образования пузырьков воздуха не происходило, а уровень жидкости внутри камеры во избежание ее попадания в газоотводящий трубопровод удерживался на безопасной отметке за счет ограничения степени разрежения путем регулирования расхода рабочего воздуха, подаваемого к соплу эжектора. Поэтому во втором случае повышение эффективности защиты стали от вторичного окисления достигается как за счет снижения концентрации кислорода вблизи поверхности свободного участка струи, так и за счет уменьшения площади ее контакта с окружающей атмосферой.

Длина свободного участка струи стали, истекающей в проточную камеру из разливочного ковша, для рассматриваемых вариантов защиты от вторичного окисления разливаемого непрерывным способом металла (рис. 2) соответственно составляет:

$$L_{с.п.} = l_1 + \Delta h_1;$$

$$L_{c.p.} = l_1 - \Delta h_2,$$

где l_1 — расстояние между нижним торцом разливочного стакана основного ковша и свободной поверхностью жидкого металла в ванне промежуточного ковша, зависящее от его высоты и назначаемое в соответствии с требованиями действующей технологической инструкции; Δh_1 — глубина опускания зеркала металла в полости камеры относительно его свободной поверхности в ванне промежуточного ковша из-за избыточного давления; Δh_2 — высота подъема зеркала металла в проточной камере относительно его свободной поверхности в ванне промежуточного ковша вследствие понижения давления в околоструйном пространстве.

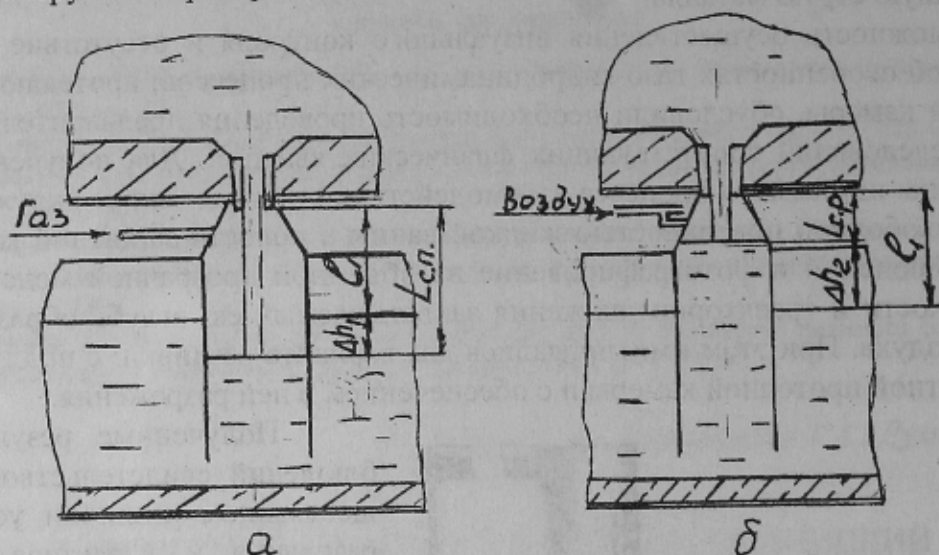


Рис. 2. Схема расположения уровней жидкости в проточной камере: а — при подаче в ее полость инертного газа; б — при создании в ней разрежения

Причем:

$$\Delta h_1 = \Delta P_{и} / (\rho_c g);$$

$$\Delta h_2 = \Delta P_p / (\rho_c g).$$

Здесь $\Delta P_{и}$ — избыточное давление в полости проточной камеры при поддуве в нее инертного газа; ΔP_p — понижение давления в проточной камере при разрежении; ρ_c — плотность жидкой стали.

Тогда площадь поверхности контакта металла с атмосферой в полости проточной камеры на свободном участке струи соответственно составит:

$$S_1 = \pi d_c L_{c.n.}$$

$$S_2 = \pi d_c L_{c.p.},$$

где d_c — диаметр истекающей из промежуточного ковша струи стали.

Продолжительность этого контакта определяется как:

$$\tau_1 = L_{c.n.} / v_c;$$

$$\tau_2 = L_{c.p.} / v_c,$$

где v_c — линейная скорость струи металла вблизи выходного отверстия стакана-коллектора ковшевого затвора.

Поскольку в результате моделирования технологии непрерывной разливки стали с обеспечением разрежения в околоструйном пространстве было установлено превалирующее влияние на характер протекающих в защитной камере газо-гидродинамических

процессов эффективности работы эжектора, последующие исследования были направлены на поиск и обоснование его оптимальных конструктивных параметров.

Основными деталями проточной части газоздушного эжектора, относящегося к струйным аппаратам, как известно, являются: сопло, камера смешения и диффузор. Наличие последнего позволяет при прочих равных условиях обеспечить перепад давлений при работе эжектора на 40–70% больше по сравнению со струйным аппаратом, у которого диффузор отсутствует.

Определяющим геометрическим параметром любого струйного аппарата является F_3/F_p — отношение площади сечения камеры смешения к площади сечения рабочего сопла. От значения этого параметра зависят такие характеристики эжектора как кратность инжекции и обеспечиваемое разрежение. При малом значении отношения F_3/F_p кратность инжекции снижается, а разрежение растет. Наряду с указанным параметром на эффективность работы эжектора существенное влияние оказывает форма отверстия сопла и его удаление от камеры смешения. Согласно литературным данным, дальнейших специальных исследований требует также вопрос о выборе оптимальной формы камеры смешения для эжектора. В частности, для одноструйных эжекторов при больших отношениях F_3/F_p с камерой смешения цилиндрической формы, когда расстояние между границей газовой струи и стенкой камеры увеличено, в ней появляются обратные токи, снижающие эффективность работы струйного аппарата [5, 6].

Для оценки степени влияния формы и размеров сопла, а также его удаления от камеры смешения эжектора на обеспечиваемое им разрежение в проточной камере был изготовлен лабораторный стенд, в состав которого входил эжектор, снабженный сменными соплами, устанавливаемыми с возможностью осевого перемещения. Контрольно-измерительная аппаратура стенда позволяла фиксировать перепад давления, создаваемого при работе испытываемого эжектора при соответствующих значениях расхода и давления рабочего газа (воздуха), подаваемого к соплу компрессором.

Опыты проводились при использовании конических, цилиндрических рабочих сопел с диаметрами выходного отверстия 5, 7, 10, 12 мм, а также щелевых с размерами поперечного сечения 0,8×5 мм, 1,2×8 мм, 1,5×10 мм и 2×12,5 мм. Отношение площадей сечений F_3/F_p при этом составляло 15–100. Давление и расход рабочего воздуха изменялись соответственно в пределах 0,1–0,4 МПа и 20–80 м³/ч. Поскольку при работе эжектора в области малых степеней сжатия газовые потоки практически проявляют себя как неупругие среды, то мощность, развиваемая потоком рабочего воздуха, определялась произведением его давления перед соплом на секундный объемный расход.

Измерения на лабораторном стенде проводились в следующей последовательности. В приемную камеру эжектора, соединенного посредством резинового шланга с герметичной полостью специального манометра, снабженного диафрагмой с тензорезисторным преобразователем и позволяющего контролировать создаваемое разрежение, поочередно устанавливались испытываемые сопла на фиксированном удалении от камеры смешения. После размещения сопла запускался компрессор и с помощью регулировочного вентиля устанавливался определенный расход рабочего воздуха, контролируемый по показаниям ротаметра. Для каждого значения расхода рабочего воздуха снимались соответствующие ему показания манометров, один из которых фиксировал избыточное давление в канале сопла, а второй — разрежение в приемной камере эжектора. По полученным экспериментальным данным, приведенным в таблице, установили зависимость обеспечиваемого эжектором разрежения от развиваемой мощности потока рабочего воздуха для каждого типоразмера сопла при различном его удалении от камеры смешения.

На основании анализа результатов проводившихся опытов можно сделать следующие выводы. Из трех исследуемых геометрических параметров эжектора, влияющих на обеспечиваемое им разрежение, наиболее значимыми являются форма и размеры выходного отверстия рабочего сопла. В меньшей мере на эффективность работы

эжектора влияло удаление сопла от камеры смешения. При этом для каждого типоразмера сопла оптимальное его положение относительно камеры смешения было разным, что в первую очередь объясняется отличием форм и границ распространения струй рабочего воздуха, истекающих в камеру из сопел различной конфигурации. Наилучшие показатели эффективности работы эжектора зафиксированы в случае применения в нем целевых сопел.

Таблица — Разрежение, создаваемое эжектором при различных конструктивных параметрах сопла и давлении рабочего воздуха, МПа

Тип сопла	Диаметр или размеры выходного отверстия, мм	Диаметр смеси-тельной камеры, мм	Удаление сопла от смеси-тельной каме-ры, мм	Давление рабочего воздуха, МПа			
				0,1	0,2	0,3	0,4
Цилиндри-ческое	5	5	50	0,00216	0,00294	0,00568	0,00784
			100	0,00196	0,00274	0,00549	0,00784
			150	0,00156	0,00294	0,00471	0,00784
	7		50	0,0033	0,00647	0,01039	0,01254
			100	0,00294	0,00588	0,01039	0,01274
			150	0,00274	0,00627	0,00960	0,01234
	10		50	0,00548	0,00979	0,01332	0,01567
			100	0,00451	0,00979	0,01372	0,01626
			150	0,00392	0,00940	0,01332	0,01567
	12		50	0,00529	0,01077	0,01371	-
			100	0,00549	0,01077	0,01469	-
			150	0,00588	0,00881	0,01371	-
Коническое	5	45	50	0,00176	0,00314	0,00451	0,00568
			100	0,00156	0,00314	0,00451	0,00588
			150	0,00195	0,00294	0,00489	0,00588
	7		50	0,00353	0,00627	0,00941	0,01176
			100	0,00411	0,00725	0,01039	0,01274
			150	0,00431	0,00764	0,01058	0,01254
	10		50	0,00588	0,01136	0,01489	-
			100	0,00627	0,01136	0,01528	-
			150	0,00451	0,01097	0,01489	-
	12		50	0,00783	0,01332	0,01567	-
			100	0,00685	0,01371	0,01528	-
			150	0,00705	0,01332	0,01665	-
Щелевое	0,8x5	45	50	0,00895	0,00915	0,01358	0,01786
			100	0,00998	0,01058	0,01876	0,01990
			150	0,00870	0,09800	0,01646	0,01780
	1,2x8		50	0,01156	0,01458	0,01890	0,01990
			100	0,02058	0,02388	0,02569	0,02986
			150	0,02006	0,02254	0,02348	0,02566
	1,5x10		50	0,02686	0,02878	0,02990	0,03054
			100	0,03466	0,03880	0,04088	0,04165
			150	0,03364	0,03565	0,03867	0,03980
	2x12,5		50	0,03900	0,04128	0,04566	0,04500
			100	0,04388	0,04580	0,04800	0,04980
			150	0,04190	0,04296	0,04590	0,04786

Результаты исследований работы эжектора на лабораторном стенде использовались при выборе оптимального конструктивного решения во время разработки опытно-промышленного образца устройства для выполнения защитных функций при непрерывной разливке стали на вертикальной МНЛЗ в условиях мартеновского цеха ОАО «Донецкий металлургический завод». В ходе проектирования учитывались особенно-

сти технологии разливки стали на этой машине (отсутствие стенда для разливочного ковша, а также наличие крышки с центральным отверстием у промежуточного ковша).

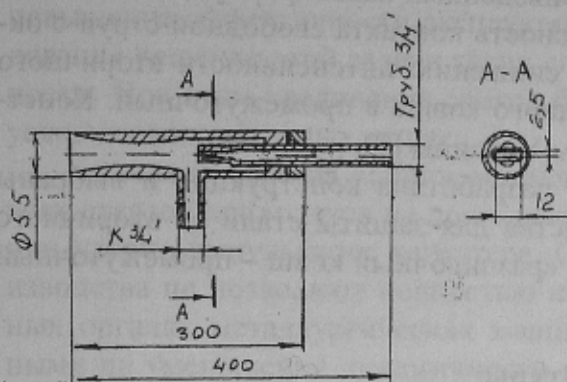


Рис. 3. Оптимальные геометрические параметры эжектора для спроектированного защитного устройства

лом 4. Под фланцем 2 закреплены четыре бруса 5, которыми проточная камера опирается на крышку 6 промежуточного ковша 7. Вторая (верхняя) часть устройства включает фланец 8, закрепляемый на металлической обойме стакана-коллектора шибера затвора 9 разливочного ковша 10 и снабженный кольцевым ножом 11. Во фланце 8 выполнено отверстие с конической резьбой, в которое ввинчен штуцер, связанный с полостью приемной камеры эжектора 12.

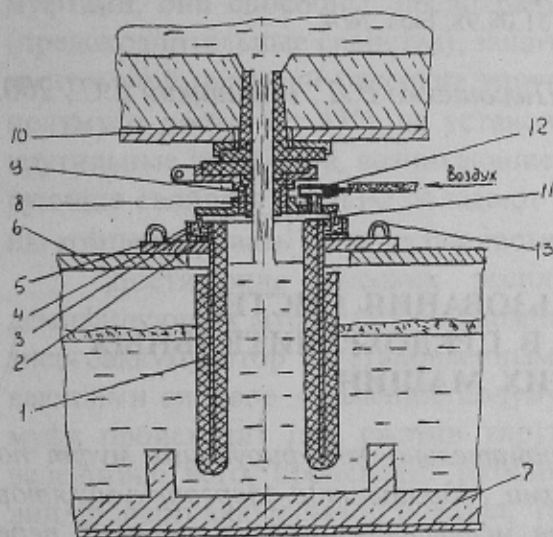


Рис. 4. Конструкция разработанного устройства для непрерывной разливки стали в разреженной атмосфере

ось канала стакана-коллектора ковшового затвора 9 при его открытии совпала с продольной осью проточной камеры 1. Затем затвор открывают и в тот момент, когда уровень жидкого металла в промежуточном ковше поднимется на 100–150 мм выше нижнего торца проточной камеры, сталеразливочный ковш краном медленно опускают вниз до тех пор, пока кольцевой нож 11 не углубится на 20–30 мм в слой порошкообразного материала 4, которым заполнен кольцевой канал в верхней части проточной камеры 1. После этого по гибкому шлангу, заранее подсоединенному к рабочему соплу эжектора 12, из цеховой магистрали под давлением 0,4–0,5 МПа подают сжатый воздух. В результате создания разрежения в приемной камере эжектора остаточное давление в полости проточной камеры снижается до 55–65 кПа, благодаря чему свободно истекающая струя расплава окружена атмосферой с пониженным давлением, а следова-

Конструкция и основные размеры спроектированного эжектора, снабженного щелевым соплом, показаны на рис. 3, а схема самого защитного устройства — на рис. 4. Оно выполнено из двух разъемных частей: верхней и нижней. В состав нижней части входит проточная камера 1, представляющая собой пустотелый металлический цилиндр, внутренняя и наружная поверхности которого покрыты защитным слоем из застывшей огнеупорной массы. К верхней части корпуса камеры приварен фланец 2 с кольцевым буртом 3, образующим со стенкой камеры кольцевой канал, заполняемый порошкообразным матери-

Подготовка устройства к работе осуществляется в следующей последовательности. Хорошо просушенную и предварительно прогретую камеру 1, используя для строповки скобы 13, краном опускают в ванну промежуточного ковша 7 и устанавливают брусками 5 на его крышку 6. В кольцевой канал в верхней части камеры ровным слоем засыпают порошкообразный материал 4. На металлическую обойму стакана-коллектора затвора 9 сталеразливочного ковша 10, подготавливаемого к приему металла очередной плавки, закрепляют фланец 8 с эжектором 12 и обмазывают огнеупорной массой по всему периметру верхний торец фланца.

После выпуска стали разливочный ковш 10 краном располагают над промежуточным ковшем 7 с таким расчетом, чтобы

тельно, обедненной кислородом. При этом уровень жидкой стали в проточной камере поднимается над свободной поверхностью металла в промежуточном ковше на 500–600 мм и, как показали расчеты с использованием приведенных выше формул, в несколько раз уменьшается площадь поверхности и длительность контакта свободной струи с окружающей атмосферой, что также способствует снижению интенсивности вторичного окисления стали при ее перетекании из разливочного ковша в промежуточный. Конструкция защитного устройства защищена патентом Украины [7].

В результате проведенных исследований разработана конструкция и выбраны оптимальные геометрические параметры устройства для защиты стали от вторичного окисления при непрерывной разливке на участке «разливочный ковш – промежуточный ковш» без применения дорогостоящего аргона.

Список литературы

1. Теория и практика непрерывного литья заготовок / А.Н.Смирнов, А.Я.Глазков, В.Л.Пилушенко и др. — Донецк: ДонГТУ, ООО «Лебедь», 2000. — 371 с.
2. Дегазация стали при непрерывной разливке / В.В.Лисицкий, В.С.Лучкин, В.В.Кулаков и др. // Сталь, 1993. — № 4. — С. 28–30.
3. Лисицкий В.В., Лучкин В.С. Опробование вихревого устройства для защиты и дегазации стали при непрерывной разливке // Сталь, 1997. — № 10. — С. 25–26.
4. Еронько С.П., Быковских С.В. Физическое моделирование процессов внепечной обработки и разливки стали. — К.: Техніка, 1998. — 136 с.
5. Механика жидкостей и газа / С.И.Аверин, А.Н.Минаев, В.С.Швыдкий и др. — М.: Metallургия, 1987. — 304 с.
6. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 352 с.
7. Патент 23255 Украина, МКИ В 22 7/ 00. Устройство для непрерывной разливки стали / С.П.Еронько, В.Л.Пилушенко, А.Н.Рыженков и др. Оpubл. 31.08.98. Бюл. № 4.

© Еронько С.П., Пилушенко В.Л., Иваницкий Е.С., 2001

НИЖНИК А.В. (ДОНГТУ)

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ГИДРОЦИЛИНДР-ЭНЕРГОАККУМУЛЯТОР В ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТАХ ПРИВОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАШИН

Предложены новые конструкции предохранительно-демпфирующих муфт повышенной податливости, снабженные системами гидроцилиндр-энергоаккумулятор, осуществляющие комплексную защиту приводов металлургических машин от перегрузки и ударно-импульсного воздействия нагрузки. Исследована и аналитически доказана возможность использования систем гидроцилиндр-энергоаккумулятор в предохранительных муфтах приводов металлургических машин.

Продукция заводов черной металлургии является основным продуктом экспорта Украины. Мировой рынок предъявляет жесткие требования к качеству поставляемого проката. В связи с этим основной задачей отечественного производителя металлопроката является повышение качества продукции при минимальных производственных затратах. Механическое оборудование большинства металлургических заводов Украины устарело как физически, так и морально. Несмотря на это, многие металлургические предприятия не могут найти достаточно свободных средств на техническое перевооружение. Например, убытки от поломок оборудования одного металлургического комбината составляют несколько миллионов гривен в год. Кроме того, для восстановительных мероприятий в структуре каждого комбината существуют свои ремонтные службы. Все это существенно повышает себестоимость выпускаемой продукции.