



УДК 621.774.36

Блощинский Г. П. /к. т. н./,

Калинин И. В. /к. э. н./

ГП «НИТИ» им. Я. Е. Осады

Стасевский С. Л., Угрюмов Ю. Д.

ГП «Укрпипромез»

Потемкин О. В.

ПАО «Интерпайп НТЗ»

Чичкан А. А. /к. т. н./

ПАО «АМК»

Резервы увеличения выхода годного при горячей пилигримовой прокатке труб. Сообщение 2

Выполнен анализ потерь металла при горячей пилигримовой прокатке труб и определены основные резервы увеличения выхода годного: снижение угара металла и уменьшение технологической обрези на пилигримовом стане. Рассмотрены основные направления снижения потерь металла в угар и технологическую обрезать: затравку и пильгерголовку. Рассмотрены вопросы оптимизации производства и отгрузки труб по теоретической и физической массе, внедренные на ТПА 5-12" ПАО «Интерпайп НТЗ». Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: выход годного, экономия металла, труба, пилигримовая прокатка, технологическая обрезать, угар металла, теоретическая и физическая масса труб

This paper gives analysis of metal losses during pipe rolling at Pilger mill and identifies main reserves for increasing yield: reduction of metal burning losses and decrease of technological crops at Pilger mill. Main trends in reduction of metal turning losses and technological crops like starter bar and pilger head are discussed. Aspects of production and pipe dispatch optimization based on theoretical and physical weight implemented at TPA 5-12" of Interpipe NTZ PAT are discussed.

Keywords: yield, metal saving, pipe, pilger rolling, technological crops, metal burning losses, theoretical and physical mass of pipes

Потери металла в технологическую обрезать на пилигримовом стане

На рис. 1 приведена прокатанная на пильгер-стане «плеть», которая состоит из основной годной части 2, длина которой l_n является суммой мерных (кратных) частей, затравочного дефектного конца 1, длиной $l_{нк}$. В свою очередь длина $l_{нк}$ складывается из l_1 – длины разлохмаченного конца и l_2 – длины участка повышенной разностенности.

Задний конец раската длиной l_3 , удаляемый в обрезать, состоит из цилиндрического участка l_4 , собственно пилигримовой головки 3, длиной l_p и длины l_x – участка с повышенной разностенностью, так называемого «хвоста».

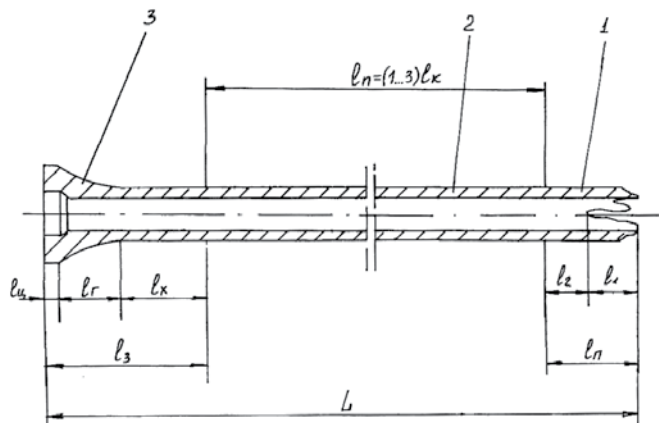


Рис. 1. Прокатанная «плеть» на пилигримовом стане: 1 – затравочный конец; 2 – основная годная часть трубы; 3 – пилигримовая головка

Фактическая величина потерь металла в затравку и пильгерголовку зависит от размера прокатываемых труб: диаметра и толщины стенки, а относительная величина этих потерь от длины прокатываемых труб (одно, двух или трехкратной длины), причем с увеличением длины трубы относительная величина потерь металла снижается.

В связи с переходом на ТПА 5-12" на использование в качестве исходного материала круглой непрерывнолитой заготовки актуальным является вопрос снижения потерь металла в технологическую обрезать: затравку и пильгерголовку.

Величина отрезаемого на пильгерстане затравочного конца должна быть минимальной и устанавливается в зависимости от состояния затравочного конца (сильно растрепанный конец, наличие закатов, трещин, плен и повышенной разностенности).

Фактически величина обрези всегда больше и по массе составляет 35-120 кг. Длина удаляемой пильгерголовки l_p устанавливается в пределах от 400 до 500 мм, в зависимости от диаметра валков и при условии качественной обкатки (3-4 удара валков без подачи металла). Недостаточно качественно обкатанные пильгерголовки обрезаются на всю длину «уса». Фактические потери металла в пильгерголовку (l_3) составляют от 75 до 200 кг.

Пути снижения потерь металла в затравку и пильгерголовку

Наиболее эффективным методом уменьшения массы затравки является предварительная подго-

товка переднего конца гильзы перед пилигримовой прокаткой [4]. Среди различных методов такой подготовки наиболее эффективной является обкатка переднего конца гильзы на прошивном косоалковом стане в процессе прошивки.

Особенностью процесса является нахождение гильзы одновременно в двух очагах деформации: основного, образованного приводными валками, и дополнительного, образованного холостыми валками. При этом обкатка переднего конца гильзы осуществляется холостыми валками на цилиндрической оправке за счет усилия со стороны валков прошивного стана. Для сведения холостых валков на размер калибра и разведения после обкатки используется гидроцилиндр. Холостые валки расположены попарно в двух кассетах, связанных с гидроцилиндрами.

Важнейшей особенностью процесса прошивки гильзы с обкаткой ее переднего конца является наличие межочаговой деформации гильзы.

Экспериментально установлено, что стабильно процесс прошивки с обкаткой происходит при полностью заполненном очаге деформации прошивного стана. В этом случае отсутствуют срывы процесса прошивки при действии подпирющих сил и моментов со стороны обкатного устройства.

Величина межочагового промежутка ℓ_{mo} определяется конструктивными особенностями размещения обкатного устройства на выходной стороне клетки прошивного стана и стремление максимально снизить эту величину ℓ_{mo} имеют ограничения в каждом конкретном случае.

С учетом сказанного, при заданной величине ℓ_{mo} , должна быть определена минимальная длина исходной заготовки ℓ_3^{min} , которая отвечала отмеченному выше условию:

$$L_3^{min} \cdot \mu_\Sigma \geq L_{oq}^{max} \cdot \mu_{cp} + \ell_{mo} + \ell_o, \quad (1)$$

$$\text{откуда } L_3^{min} \geq \frac{1}{\mu_\Sigma} (L_{oq}^{max} \cdot \mu_{cp} + \ell_{mo} + \ell_o), \quad (2)$$

где μ_Σ – суммарный коэффициент вытяжки на прошивном стане,

$$\mu_\Sigma = \frac{F_3}{F_r},$$

где F_3 и F_r – площадь поперечного сечения заготовки и гильзы соответственно, мм²,

$$F_3 = \Pi R_3^2,$$

где R_3 – радиус круглой заготовки, мм,

$$F_r = \Pi(R_r^2 - r_r^2),$$

где R_r и r_r – радиусы наружной и внутренней поверхности гильзы соответственно, мм.

$$\text{Тогда } \mu_\Sigma = \frac{R_3^2}{R_r^2 - r_r^2} \quad (3)$$

L_{oq}^{max} – максимальная длина очага деформации прошивного стана, мм;

μ_{cp} – средний коэффициент вытяжки в прошивном стане;

$$\mu_{cp} = \frac{\mu_o + \mu_\Sigma}{2},$$

где μ_o – коэффициент вытяжки в начале очага деформации,

$$\text{при } \mu_o = 1, \mu_{cp} = \frac{1}{2}(1 + \mu_\Sigma)$$

ℓ_{mo} – длина межочагового участка, мм (задана для конкретного расположения и конструктивного выполнения оборудования);

ℓ_o – длина очага деформации обкатного устройства, мм.

При проектировании технологии прошивки гильз с обкаткой передних концов проверяется минимальная длина заготовки для обеспечения условия по формуле (2) и при необходимости производится ее корректировка.

При проектировании технологии прошивки с обкаткой при сложившемся сортаменте гильз на ТПА по длине важно определить допустимую длину межочагового участка ℓ_{mo} :

$$\ell_{mo} \leq L_3^{min} \cdot \mu_\Sigma - L_{oq}^{max} \cdot \mu_{cp} - \ell_o$$

В модульном варианте стана элонгатора и обкатного устройства на ТПА 5-12", эксплуатировавшихся в начале 80-х годов XX столетия расстояние между осями клетки элонгатора и обкатного устройства составляло 2650 мм, что соответствовало межочаговому промежутку ~ 1700 мм.

При проведении исследований выполненных ДМЕТИ, ВНИТИ, Укргипрометоза на стане элонгатора ТПА 5-12" были достигнуты следующие технологические параметры при обкатке переднего конца гильзы:

- обжатие по диаметру гильзы 25-30 %;
- обжатие по толщине стенки 40-60 %;
- длина подготовленного переднего конца гильзы 200-250 мм;
- угол наклона образующей конического подготовленного конца гильзы 7-12°.

Межочаговая деформация гильзы при исследованных параметрах незначительна, что подтверждается обмерами в холодном состоянии гильз. При этом локальное увеличение диаметра гильзы не превышает 2 %, что не затрудняет процесса пилигримовой прокатки. Время деформации переднего конца гильзы в холостых валках при обкатке составляет 3-5 с и практически не влияет на производительность стана-элонгатора. Нагрузки на двигатель стана-элонгатора в процессе одновременной раскатки гильзы и обкатки ее переднего конца в холостых валках повышаются на 10-15 % по сравнению с процессом раскатки гильзы. Это повышение нагрузки соответствует ее увеличению при прошивке доннышка стакана в момент окончания раскатки гильзы.

Одним из способов стабилизации наружного диаметра гильзы по длине при прошивке является перемещение оправки прошивного стана в момент окончания процесса в направлении, противоположном направлению прошивки [9]. Это позволяет увеличить раскатку заднего конца гильзы на оправке и обеспечить не только стабилизацию наружного диаметра, но и увеличение внутреннего диаметра гильзы к заднему торцу.

При этом значительно облегчается процесс снятия гильзы с оправки и последующая зарядка дорна в гильзу с подготовленным передним концом. Такая подготовка передних концов гильз обеспечивает не только снижение потерь металла в затравку, но и сокращение длительности затравочного режима прокатки.

Суммарная эффективность этой технологии по данным Укрспромеза заключается в приросте 12 тыс. тонн труб (3,6 %) в объеме производства ТПА 5-12" 330 тыс. тонн труб в год (данные 1974 года).

Проблемным остается вопрос уменьшения массы пилигримовой головки при прокатке тонкостенных труб, основного сортамента ТПА 5-12". Исследования показали, что при прокатке тонкостенных труб наиболее реальным является уменьшение объема обрезки за счет полной раскатки цилиндрического участка, длиной $\ell_{\text{ц}}$, примыкающего к переменной части головки (рис. 2).

Масса этого участка может быть определена по формуле:

$$M_{\text{ц}} = M_{\text{пмг}} \times \ell_{\text{ц}}, \text{ кг}; \quad (5)$$

где $M_{\text{пмг}}$ – масса погонного метра гильзы, кг/м, приведена в таблице прокатки; $\ell_{\text{ц}}$ – длина цилиндрического участка пильгерголовки, м.

В результате экономится в среднем около 30 кг на одной пильгерголовке, что позволит снизить расходный коэффициент металла примерно на 1,0-1,5 %.

Одним из методов уменьшения массы пильгерголовки является выполнение конического утолщения 4 на участке дорна под пильгерголовкой (рис. 2).

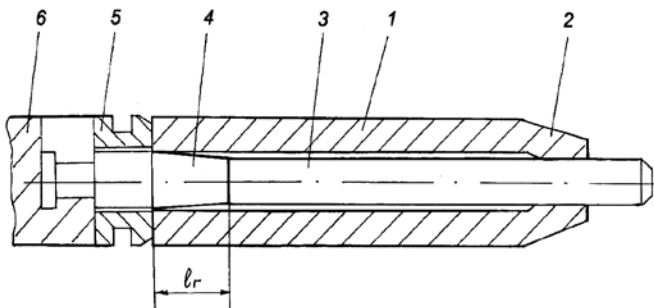


Рис. 2. Гильза на дорне перед пилигримовой прокаткой: 1 – гильза; 2 – передний конический конец гильзы; 3 – дорн; 4 – конический хвостовик дорна; 5 – дорновое кольцо; 6 – дорновая головка подающего аппарата

При этом достигается улучшение центровки гильзы на дорне перед и в процессе прокатки, что повышает точность труб по толщине стенки, особенно в конце прокатки.

На пилигримовых станах фирмы «Маннесман-Демаг» подготовку заднего конца гильзы осуществляют на участке внестановой зарядки. После введения дорна в гильзу ее задний конец обжимают матрицами на прижимном прессе для увеличения сцепления гильзы с дорном в начальный период прокатки, что позволяет увеличить производительность пильгерстана за счет повышения числа оборота валков. При этом одновременно улучшаются и условия затравки, так как гильза кантуется вместе с дорном, что уменьшает время затравки.

Использование подобного прижимного пресса на ТПА 5-12" с целью получения заостренного переднего конца гильзы не дало положительных результатов, что привело к его демонтажу.

Таким образом, для существенного снижения потерь металла в затравку и пильгерголовку при прокатке тонкостенных труб ($S \leq 20$ мм) необходимо осуществить предварительную подготовку переднего конца гильзы на прошивном стане или элонгаторе и выполнить обкатку пильгерголовки без цилиндрического пояса на дорне с увеличенным диаметром участка под пильгерголовкой (рис. 2).

На рис. 3 приведена фотография концов труб, прокатанных по обычной технологии и с предварительной подготовкой переднего конца, из которой наглядно видно эффективность новой технологии за счет уменьшения длины затравочных концов труб.

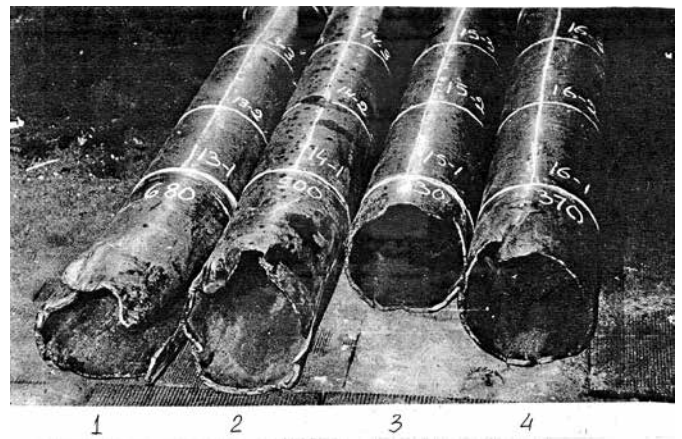


Рис. 3. Трубы, прокатанные на пилигримовой установке 6-12" Нижнеднепровского трубопрокатного завода: 1, 2 – из обычных гильз, 3, 4 – из гильз с подготовленными передними концами. Длина затравки составляет 680 и 500 мм на трубах 1 и 2 и 230 и 370 мм на трубах 3 и 4

Организационно-технические мероприятия

Одним из эффективных направлений металлоиспользования при производстве труб горячей деформацией является организация рациональной формы поставки труб потребителю (по теорети-

ческой или физической массе). Как известно, организация поставки труб по теоретической массе преследовала цель экономии металла у производителя за счет изготовления труб с геометрическими размерами в поле минусовых допусков. Исходя из этих посылок для производителя, организация сдачи труб по теоретической массе целесообразна в цехах, где изготовление трубной продукции (прокатка) происходит в поле минусовых допусков.

В то же время в цехах, где состояние оборудования, уровень технологии и организации производства (а также достаточно «жесткие» требования к выпускаемой трубной продукции) не позволяют осуществлять прокатку труб в поле минусовых допусков целесообразно применять форму сдачи и поставки труб потребителю по физической (фактической) массе.

Наглядным примером этому может служить организация поставок нефтепроводных труб в цехе ЦНГС ПАО «Интерпайп НТЗ» с трубопрокатным агрегатом 5-12" с пилигримовыми станами.

Как показали проведенные ГП «НИТИ» им. Я. Е. Осады и ГП «ВНИТИ-ТЕСТ» совместно с ПАО «Интерпайп НТЗ» исследования в трубопрокатном цехе № 4 с пилигримовым агрегатом 5-12" прокатка основной массы труб (практически всех видов) производится в поле плюсовых допусков.

Исходя из рекомендации ГП «НИТИ» и ГП «ВНИТИ-ТЕСТ» по результатам проведенных в 2006-2008 годах исследований в 2009 году на предприятии ОАО «Интерпайп НТЗ» был издан приказ № 164 «Об отгрузке продукции по физической массе», которым были определены задания по отгрузке готовой продукции по физической массе, а также мероприятия по обеспечению выполнения поставленной задачи.

В частности, это касалось организации мест взвешивания (с модернизацией весоизмерительной техники), а также обеспечение отражения фактических результатов взвешивания в сравнении с теоретическим весом труб, отгружаемых по физической (фактической) массе.

Проведенный ГП «НИТИ» и ПАО «Интерпайп НТЗ» сопоставительный анализ поставок нефтепроводных труб по теоретической массе (то есть ранее применявшейся) и взвешиванием отгружаемой трубной продукции (то есть отгрузкой по физической массе) показал весьма высокую экономическую эффективность внедренного метода. Так, уже во 2-ом полугодии 2009 года эффект превысил 1 млн грн. (при реальном взвешиванием в этом периоде менее 50 % нефтепроводных труб).

Начиная с 2010 года, цех вышел на постоянные отгрузки нефтепроводных труб по физической массе на уровень 65-70 % и сравнительная эффективность этого мероприятия значительно возросла. При этом следует отметить, что 100 % поставка этих труб по физической массе еще больше увеличила бы этот эффект.

Общие результаты сопоставительного анализа применения отгрузки нефтепроводных труб в цехе по физической массе представлены в таблице.

Таблица. Анализ полученного эффекта и «упущенной выгоды» при отгрузке гладких нефтепроводных труб производства ТПЦ № 4 ПАО «Интерпайп НТЗ» в 2010-2012 годах¹

Период	Отгружено, т		% отгрузки по физической массе	Полученный эффект т/тыс. грн. (превышение физической массы над теоретической)	Упущенная выгода ² , т/тыс. грн.
	всего	в том числе по физической массе			
2010 г.	99690,0	68371,0	68,0	1882,8/13255	770/5420
2011 г.	118413,0	76401,0	64,5	1805,8/12713	994/6998
2012 г.	99666,0	71084,5	71,3	1583,6/11149	656/4618

1. По данным ПАО «Интерпайп НТЗ».
2. Упущенная выгода – потери от «неполной» поставки труб по физической массе, рассчитана из условий того же процента превышения физической массы над теоретическим весом, как и во взвешенном объеме поставок (при средней цене труб ~ 7400 грн./т).

Как следует из приведенных данных средний процент превышения физической массы труб над теоретической составил в 2010 году – около 2,7 %, в 2011 году и 2012 году соответственно 3,2 и 3,6 % (во взвешенном объеме поставок).

Таким образом, расчеты показывают, что экономический эффект в этом периоде составлял порядка 1 млн грн. в месяц (т. е. более 12 млн грн. в среднем за год). Поскольку получение этого эффекта при налаженной системе взвешивания и учета уже не требует существенных дополнительных затрат, то отмеченный эффект можно считать дополнительной прибылью предприятия.

Для обеспечения контроля массы погонного метра труб с целью сдачи его по теоретической или физической массе необходимо совершенствовать систему измерения массы и длины труб в технологическом потоке [10].

За рубежом имеются автоматизированные системы, позволяющие автоматически измерить длину и массу каждой трубы и маркировать каждую трубу.

Система измерения массы обычно автоматически обеспечивает измерение массы и длины трубы, маркировку, выдачу сообщения, клеймение штампом, нанесение цветных полос, обозначений штриховым кодом. Система подразделяется на два вида: поточную и с поперечной передачей.

После получения данных о длине и массе определения трубы программное обеспечение проверяет массу погонного метра труб. Если реальное отклонение выходит за рамки интервала, допускаемого стандартом, то труба автоматически бракуется.

Когда труба приближается к кронштейну, сенсоры отмечают ее проход. С помощью кронштейна маркирующее устройство опускается и после завершения маркировки поднимается.

Выводы

1. В результате анализа металлоиспользования в цехе ПАО «Интерпайп НТЗ» с ТПА 5-12" с пилигримовыми станами определены основные резервы снижения потерь металла – это потери металла в угар при нагреве и горячей прокатке и технологические потери на пилигримовом стане в затравку и пильгерголовку.

2. Вопросам снижения угара при нагреве и подогреве металла уделяется недостаточное внимание, так как это весьма затратные мероприятия, в то же время имеются определенные решения по снижению угара, в том числе и применение защитных покрытий заготовок перед нагревом.

3. Для снижения обрезки металла в затравку наиболее эффективным способом является подготовка передних концов гильз на косовальковом стане в процессе подшивки. В результате исследований, выполненных ранее ДМЕТИ, ВНИТИ, Укрگیпромезом, на ТПА 6-12" и ТПА 5-12" Нижнеднепровского трубопрокатного завода была доказана возможность и его экономическая эффективность.

4. Проведенными Укрگیпромезом расчетами технико-экономическая эффективность внедрения технологии подготовки передних концов гильз была определена в приросте объема производства 12 тыс. тонн труб в год за счет снижения обрезки и уменьшения времени затравки (в сортаменте ТПА 5-12" 1974 года).

5. Укрگیпромезом совместно с НМетАУ и ПАО «Интерпайп НТЗ» продолжают исследования способов подготовки передних концов гильз перед пилигримовой прокаткой за счет выбора наиболее технологичного и экономного варианта для использования на прошивном стане (элонгаторе) ТПА 5-12".

6. Снижение массы пильгерголовки при прокатке тонкостенных труб ($S < 20$ мм) целесообразно только в части докатики цилиндрического пояса у заднего торца гильзы. Это позволяет уменьшить массу пильгерголовки в среднем на 30 кг или примерно на 10-15 кг на тонну труб.

7. При производстве труб в поле плюсовых допусков по толщине стенки экономически целесообразно для увеличения прибыли предприятия осуществлять сдачу и отгрузку труб по физической массе. Опыт использования этого мероприятия в цехе ПАО «Интерпайп НТЗ» с ТПА 5-12" подтвердил его высокую эффективность.

Библиографический список

1. Большаков В. И. Задачи и особенности реализации в черной металлургии перспективных технологических процессов / В. И. Большаков, Ю. С. Кривченко, Л. Г. Тубольцев // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2001. – № 3. – С. 3-8.

2. Пути снижения расходных коэффициентов металла при производстве горячедеформированных труб за счет управления точностью прокатки в цехах ОАО «НТЗ» / В. П. Сокуренько, Е. И. Шифрин, А. Ф. Гринев и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2004. – № 5. – С. 55-60.

3. Совершенствование использования металла в цехах по производству бесшовных горячекатаных труб / В. П. Сокуренько, Ю. А. Банник, И. В. Калинин и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2008. – № 6. – С. 43-46.

4. Пути снижения расхода металла на пилигримовых трубопрокатных установках / Ю. Д. Угрюмов, П. В. Дрожжа, А. В. Губинский и др. // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Т. 11. Пластична деформація металів – Дніпропетровськ.: Системні технології – 2008. – С. 216-222.

5. Методы уменьшения массы пильгерголовки при горячей прокатке труб / Ю. Д. Угрюмов, В. Ф. Балакин, Д. Ю. Угрюмов, В. И. Семешкин // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия». – 2011. – № 10. – С. 68-77.

6. Балакин В. Ф. Пути снижения массы пильгерголовки при горячей прокатке труб / В. Ф. Балакин, Ю. Д. Угрюмов, Д. Ю. Угрюмов // Теория и практика металлургии. – 2012. – № 1-2. – С. 32-36.

7. Потери металла из-за окисления при производстве горячекатаных труб на пилигримовых установках / Г. А. Эммануэль, И. И. Губа, В. И. Весна, В. Г. Тур // Сталь. – 1986. – № 12. – С. 95-97.

8. Совершенствование пламенных нагревательных печей используемых при производстве труб горячим деформированием / Г. А. Эммануэль, И. С. Ситковский, Г. В. Тур, И. И. Губа // Институт «Черметинформация» (экспресс-информация). – М. – 1984. – 15 с.

9. Тартаковский Б. И. Агрегат для производства полых заготовок – деталей переменного сечения / Тяжелое машиностроение. – 1993. – № 1. – С. 14-16.

10. Anderson D. L. Weigh Measure Stencil Systems for Tube Mills / Iron and Steel Technology. – 2005. – 6. – P. 78-84.

Поступила 02.04.2014