

Выводы

Предложено для повышения прочности и морозостойкости формуемых на вибропрессах бетонных мелкозернистых изделий увеличивать частоту вибрации до 75...100 Гц. При увеличении частоты вибрации бетонная смесь приобретает подвижность, обеспечивается хорошее заполнение формы, повышается прочность изделия. Получены зависимости, позволяющие учитывать влияние изменений параметров вибрации на долговечность и эксплуатационные показатели элементов привода вибропресса. При использовании метода, описанного в данной статье, существенно увеличивается прочность и морозостойкость тротуарной плитки. Определено направление дальнейшего исследования по усовершенствованию вибропресса для изготовления мелкоштучных бетонных изделий.

Список использованных источников:

1. Уткин В.Л. Новые технологии строительной индустрии. – М.: ЗАО «Русский издательский дом», 2004. – 116 с.
2. Емельяненко Н.Г. Направления совершенствования вибропрессов для формования бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко // Науковий вісник будівництва : Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури // Академії будівництва України / Харків, 2008. – Вип. 46. – С. 136-140.
3. Емельяненко Н.Г. Совершенствование методик расчёта вибропрессов для производства мелкоштучных бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко // 36. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка // Полтава, 2009. – Вип. 23., т.1. – С.134-140.
4. Пат. 85949 Україна, В 28 В 1/08. Вібропрес / М.Г.Ємельяненко, В.А. Тесленко (Україна). - № а200707821; заявл. 11.07.2007; опубл. 10.03.2009; Бюл. №5 – 3 с.
5. Бауман В.А. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов / В.А. Бауман, И.И. Быховский, Б.Г. Гольдштейн – Москва: Машиностроение, 1970.-548с.

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 28.03.2011

УДК 621.771:531.3

Бейгул О. А.¹, Добрик А. В.², Лепетова А. Л.³

ПОВЫШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СНИЖЕНИЕ ВИБРОАКТИВНОСТИ АГРЕГАТОВ ПОПЕРЕЧНОЙ РЕЗКИ

Получила обоснование функциональная схема снижения виброактивности линии привода летучих ножниц, повышения динамической точности агрегатов поперечной резки.

Ключевые слова: обоснование, функциональная схема, виброактивность, линия привода, динамическая точность.

Бейгул О. О., Добрик О. В., Лепетова Г. Л. Підвищення динамічної точності, технологічних якостей і зниження віброактивності агрегатів поперечного різання. Отримала обґрунтування функціональна схема зниження віброактивності лінії приводу літучих ножниць, підвищення динамічної точності агрегатів поперечного різання.

Ключові слова: обґрунтування, функціональна схема, віброактивність, лінія приводу, динамічна точність.

¹ д-р техн. наук, профессор, Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск

² канд. техн. наук, доцент, Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск

³ канд. техн. наук, доцент, Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск

O.O. Beygul, O.V. Dobrik, G.L. Lepetova. The Improvement of Dynamical Precision, Technological Characteristics and Reduction of Flying Shears Drive Vibrating Activity. The functional procedure of reduction flying shears drive vibrating activity, improvement of cutting dynamical precision has been based.

Key words: *functional procedure, vibrating activity, drive, dynamical precision.*

Постановка проблемы. Резка полосы на листы мерной длины производится в холодном состоянии на агрегатах поперечной резки (АПР), которые по своему назначению делятся на три группы: резки жести; резки холоднокатаных полос; резки горячекатаных полос. Диапазон толщин разрезаемых полос на существующих агрегатах (мм): 0,15–0,5; 0,18–0,6 для агрегатов резки жести; 0,35–0,85; 0,35–2,0; 0,4–1,2; 0,5–2,0; 0,6–2,0; 0,35–2,5; 0,5–3,0 для агрегатов резки холоднокатаных полос; 1–4,0; 1,5–4,0; 1,5–6,0; 2–8; 2,5–10 для агрегатов резки горячекатаных полос.

Практикой установлено, что максимально приемлемым диапазоном толщин для одного агрегата является четырехкратный, так как расширение диапазона ведет к усложнению машин и значительному снижению их качественной характеристики.

Все оборудование, входящее в состав агрегата, можно разбить на три основные группы: машины и механизмы, подготавливающие полосу к порезке; машины, предназначенные для порезки металла; механизмы, обеспечивающие укладку мерных листов в пакеты — пакетировку.

Готовая листовая продукция отправляется потребителю в листах, упакованных в пачки. При этом агрегаты поперечной резки устанавливаются непосредственно в листопрокатных цехах металлургических заводов, где производится резка, разбраковка, отделка и упаковка листов.

В настоящее время в мире имеются более 1500 агрегатов поперечной резки полос (АПР). Состав оборудования и характеристики агрегатов чрезвычайно разнообразны, хотя конструкции отдельных машин и узлов оборудования, выпускаемых разными фирмами, сходны.

Барабанные летучие ножницы весьма просты по конструкции, надежны в эксплуатации. Так как барабаны вращаются равномерно с постоянной скоростью и вращающиеся массы полностью уравновешены, то они позволяют вести порезку на значительно больших скоростях, чем другие типы ножниц. Однако точность порезки на них недостаточна.

Действующий в настоящее время ГОСТ 19904-77 "Сталь листовая холоднокатаная. Сортамент" предусматривает допуск на длину 2 мм. На этих АПР имеет место значительный разброс длин отрезаемых карточек. Попытки снизить указанный разброс путем более частых замен режущих барабанов и профилактических мероприятий оказались непродуктивными.

Анализ существующей информации показывает, что практически отсутствуют какие-либо рекомендации по повышению точности длин отрезаемых карточек для АПР без специальных систем выравнивания скоростей полосы и ножей.

За рубежом готовая продукция отправляется заказчику в основном в рулонах. Агрегаты поперечной резки устанавливаются как у потребителей на машиностроительных заводах, так и на металлургических заводах. Агрегаты, установленные на металлургических заводах, аналогичны отечественным агрегатам, основу которых составляют высокоскоростные летучие ножницы и многосекционные пакетирующие устройства. Агрегаты, установленные на машиностроительных заводах, более простой и дешевой конструкции, менее скоростные. В этих агрегатах используются, как правило, только основные машины: разматыватели, ножницы и пакетирующие устройства различных конструкций. На таких агрегатах режут листы с большим количеством мерных длин мелкими партиями. Рулоны листового проката поступают с металлургических заводов после обработки на отделочных агрегатах, где обрезаются боковые кромки, улучшается поверхность и отмечаются дефектные места.

Анализ исследований и публикаций. Повышению точности отрезаемых длин карточек жести на АПР посвящена работа [1], повышению выхода карточек из холоднокатаных рулонов жести – работа [2]. В работе [3] рассматриваются принципы снижения виброактивности привода летучих ножниц. Работа [4] носит энциклопедический характер, в ней раскрывается физический смысл резки карточек постоянной длины. На уровне изобретений предложены разные способы резки полосового проката [5–7].

Нерешенная часть проблемы. Как показывает аналитический обзор конструкций АПР, сравнительный анализ всего процесса получения карточек из холоднокатаных рулонов, для повышения конструктивных и технологических характеристик АПР необходимо снижать виброактивность приводов правильной машины, барабанных летучих ножниц.

Цель работы, таким образом, заключается в снижении виброактивности, повышении динамической точности и технологических характеристик агрегатов поперечной резки.

Изложение основного материала. Исследования динамики системы «правильная машина – разрезаемая полоса – летучие ножницы» [3] показывают, что рывок натяжения, возникающий в полосе в момент реза, приводит к раскрытию зазоров в кинематических парах и упругим колебаниям в линии приводов правильной машины и барабанов летучих ножниц, пробуксовкам полосы относительно роликов правильной машины, поперечным колебаниям разрезаемой полосы в промежутке между правильной машиной и летучими ножницами, которые вызывают разброс длин отрезаемых карточек.

В мировой практике в настоящее время для выравнивания скоростей ножей и полосы в момент реза применяют различные системы рычажных и эллиптических передач, которые, изменяя мгновенную скорость вращения ведомого вала в течении оборота, обеспечивают в момент реза максимальное совпадение скоростей движения режущих ножей и полосы. Указанные системы отличаются высокой стоимостью, сложностью изготовления и снижают надежность АПР в целом. Кроме того, из-за переменной скорости ведомого звена в линии привода возникают значительные динамические нагрузки, которые ограничивают скорость порезки и производительность агрегата. Поэтому они не получили распространение в отечественных АПР полос жести.

Более целесообразными представляются такие мероприятия, которые, сохраняя основные достоинства барабанных летучих ножниц для порезки жести отечественной конструкции (простоту, надежность, равномерность вращения всех звеньев, высокую скорость порезки) позволили бы повысить их динамическую точность.

Анализ результатов исследования динамических процессов в системе «правильная машина — разрезаемая полоса — летучие ножницы» [1-3] показывает, что при порезке возникают следующие отрицательные явления, вызывающие разброс длин отрезаемых карточек: 1) колебания в линии привода режущих барабанов и правильных роликов; 2) рывки натяжения в полосе в момент реза и её пробуксовка (волочение) в роликах правильной машины; 3) несоосность осей режущих барабанов и правильных роликов с приводными валами в местах их сочленения муфтами; 4) поперечные колебания («хлопки») разрезаемой полосы на проводковом столе в промежутке между летучими ножницами и правильной машиной; 5) неодновременная встреча верхнего и нижнего ножей с полосой, приводящая не только к разбросу длин, но и ухудшению качества реза.

Это обусловлено динамическим взаимодействием правильной машины и летучих ножниц через разрезаемую полосу, что вызывает колебания частот вращения роликов правильной машины и барабанов летучих ножниц, рассогласование скоростей ножей и полосы в момент реза.

Раскрытие зазоров приводит к уменьшению числа условий связи в механизме и вносит некоторую неопределенность в движение режущих барабанов и правильных роликов. На частоту их равномерного вращения накладывается динамическая переменная составляющая из-за относительного движения масс линии привода при крутильных колебаниях. Вследствие этого частоты вращения правильных роликов и барабанов оказываются переменными, а интеграл от их изменения за время между резами, характеризующий разброс отрезаемых длин, отличным от нуля. Эти обстоятельства приводят к разбросу длин отрезаемых карточек.

Для повышения динамической точности барабанных летучих ножниц разработано устройство, обеспечивающее силовое замыкание кинематических пар линии привода режущих барабанов в момент реза. Устройство состоит из тормозного электродвигателя, соединенного через пальцевую муфту с ведущим режущим барабаном и системой управления этим электродвигателем. Устройство позволяет создавать регулируемый тормозной момент в линии привода ножниц и обеспечивать замкнутое состояние люфтов на участке между режущими барабанами и главным двигателем в момент реза. Кроме того, становится возможным обеспечивать равенство нулю интеграла от изменения скорости вращения барабанов за интервал времени между резами и повышать динамическую точность агрегата поперечной резки.

При вращении летучих ножниц двигатель устройства работает в режиме динамического торможения, создавая тормозной момент. Для обеспечения надежного силового замыкания люфтов в линии привода ножниц при применении безредукторного тормозного устройства мощность тормозного электродвигателя должна составлять 8-10% мощности главного двигателя.

При работе АПР с тормозным электродвигателем оператор устанавливает необходимую скорость подачи полосы к летучим ножницам. При этом обеспечивается требуемое соотношение скоростей барабанов ножниц и полосы, определяющих длину отрезаемой карточки. Затем

задається величина тормозного момента (5-10% номинального момента главного двигателя) путем установки соответствующей величины тока динамического торможения электродвигателя с помощью системы его управления. После этого начинается резка полосы.

При промышленных испытаниях разработанного устройства в качестве тормозного электродвигателя использован двигатель типа АО2-61-4, мощность которого несколько превышала необходимую для того, чтобы обеспечить широкий диапазон регулирования величины тормозного момента.

Исследования показали, что для каждого разрезаемого сортамента полос существует оптимальное значение тормозного момента электродвигателя, при котором достигается максимальная точность резки карточки. Так, при резке полосовой жести на АПР №3 на карточки размером 0,25×712×512 мм из стали 08кп максимальная точность достигается при токе динамического торможения электродвигателя, равном 20±25 А. При увеличении или уменьшении величины тока динамического торможения разброс длин отрезаемых карточек увеличивается.

В том случае, если роликотправильная машина и летучие барабанные ножницы имеют общий привод, который обеспечивает между ними жесткую механическую связь, скоростной режим роликотправильной машины и летучих ножниц при порезке карточек устанавливается таким, при котором в момент реза полосы проекция окружной скорости режущей кромки ножа на плоскость, в которой движется полоса, больше скорости движения полосы. Указанное опережение ножей относительно полосы обусловлено технической сложностью обеспечения их абсолютной синхронизации для всего сортамента разрезаемых полос.

Поэтому в момент реза на участке полосы между роликотправильной машиной и летучими ножницами возникает рывок натяжения, которое является передним для роликотправильной машины и задним для летучих ножниц.

Рывок переднего натяжения разгружает приводную линию роликотправильной машины и приводит к раскрытию в ней зазоров в сочленениях кинематических пар. После реза переднее натяжение исчезает и приводная линия роликотправильной машины оказывается нагруженной только моментом от усилия правки, под действием которого происходит ударное замыкание зазоров в кинематических парах и восстановление их прежнего контакта.

Указанные явления приводят к колебаниям угловой скорости роликов правильной машины, в результате чего увеличивается разброс длин отрезаемых карточек жести, а также может ухудшаться их поверхность из-за пробуксовок роликов относительно полосы.

С целью уменьшения виброактивности правильной машины и разброса длин отрезаемых карточек за счет устранения влияния зазоров в кинематических парах приводной линии предлагается между правильной машиной и задающими роликами создавать натяжение в полосе, обеспечивающее замкнутое состояние люфтов в валопроводе роликов правильной машины в любой момент работы агрегата поперечной резки.

Сущность предлагаемого способа состоит в том, что полоса задающими роликами подается в роликотправильную машину, а затем подающими роликами к режущим барабанам (рис. 1). После заполнения полосой роликотправильной машины между рабочими и задающими роликами устанавливается натяжение T_3 . Требуемая величина натяжения T_3 может быть реализована, например, с помощью перевода работы двигателя задающих роликов в тормозной режим.

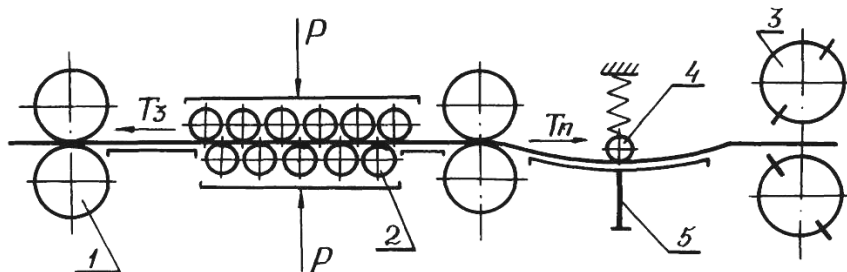


Рис. 1 – Схема порезки полосы с натяжением на входе в правильную машину

Величина натяжения в полосе T_3 должна удовлетворять следующему соотношению:

$$KT_n - \frac{M_{np}}{R_p} < T_3 < Pf, \quad (1)$$

где T_n – величина натяжения, возникающего в полосе на участке между роликотправильной ма-

шиной и барабанными летучими ножницами в момент реза, зависящая от опережения ножей, геометрических размеров разрезаемого сортамента и величины провисания полосы в промежутке, H ; K – коэффициент динамичности, характеризующий реакцию приводной линии роликотправильной машины на рывок натяжения T_n и зависящий от частоты собственных колебаний, зазоров в сочленениях приводной линии роликотправильной машины, момента усилия трения, величины и характера импульса силы T_n ; M_{np} – момент сил сопротивления, возникающий в линии привода роликотправильной машины при правке полосы и рассчитываемый по известной методике, Н·м; R_p – радиус рабочих роликов правильной машины, м; P – полное давление на ролики правильной машины, определяемое по известной методике, Н; f – коэффициент трения скольжения между полосой и роликами, $f = 0,15 - 0,18$.

Выполнение левой части неравенства (1) обеспечивает замкнутое состояние рабочих поверхностей в приводной линии роликотправильной машины при порезке, когда сохраняется неизменность направления силового потока в линии привода. Обеспечение правой части неравенства (1) исключает возможность пробуксовки роликов правильной машины относительно полосы.

Таким образом, к полосе на участке между задающими роликами и правильной машиной предлагается прикладывать натяжение, которое обеспечивает постоянное силовое замыкание люфтов в приводной линии роликов правильной машины.

При реализации предлагаемого способа на промышленном агрегате поперечной резки оценка величины заднего натяжения T_3 оператором может производиться по току двигателя задающих роликов 1 (рис.1), а величина переднего натяжения T_n по прогибу полосы, равного перемещению упругого элемента 4 относительно проводкового стола 5 в промежутке между роликотправильной машиной 2 и летучими ножницами 3. Оценка величины момента сил сопротивления M_{np} может быть произведена по току двигателя роликотправильной машины.

Выводы

На пути уменьшения разброса длин отрезаемых карточек и износа бочек правильных роликов, повышения качества поверхности карточек и динамической точности системы «правильная машина – разрезаемая полоса – летучие барабанные ножницы» разработан способ резки, который предусматривает обеспечение натяжения полосы на входе в правильную машину, обеспечивающее силовое замыкание люфтов в приводе правильных роликов, что позволяет повысить точность отрезаемых длин карточек, а также устройство, которое обеспечивает с помощью тормозного электродвигателя управляемое силовое замыкание люфтов в линии привода режущих барабанов, что позволяет повысить динамическую точность, технологические свойства и снизить виброактивность агрегатов поперечной резки.

Список использованных источников:

1. Повышение точности отрезаемых длин карточек жести на агрегатах поперечной резки / [Леєпа І. І., Добронравов А. І., Цуркан В. А. и др.]. – Сталь. – М.: Металлургия, 1982. – №6. – С. 47–48.
2. Повышение выхода карточек из холоднокатаных рулонов жести на агрегатах поперечной резки [Леєпа І. І., Цуркан В. А., Мазур В. Л. и др.]. – Сталь. – М.: Металлургия, 1984. – №8. – С. 48–52.
3. Леєпа І.І. Снижение виброактивности линии привода летучих ножниц и повышение их динамической точности / І. І. Леєпа, О. А. Бейгул // Системні технології. Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП «Системні технології», 2005. – Вип. 2 (37). – С. 11–19.
4. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / [Целиков А. И., Полухин П. И., Гребенник В. М. и др.]. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с.
5. А.С. №872057 СССР. Агрегат поперечной резки полосы / [Леєпа І. І., Мазур В. Л., Добронравов А. І. и др.]. – БИ №38. – 1981.
6. А.С. №1159732 СССР. Способ резки полосового проката / [Леєпа І. І., Мазур В. Л., Цуркан В. А. и др.]. – БИ №21. – 1985.
7. А.С. №1404207 СССР. Способ резки полосового проката / [Леєпа І. І., Гарагуля Г. П., Медведенко І. Г. и др.]. – БИ №23. – 1988.

Рецензент: С.В. Белодеденко,
д-р техн. наук, проф., НМетАУ

Статья поступила 21.03.2011