

армированных материалов для лент, внедрение полимерных и специализированных стальных роликов, а также совершенствование конструкции подшипниковых узлов и систем герметизации.

**Благодарность.** *Выражаю признательность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне (д.т.н., профессор) за консультацию и помощь при анализе результатов и подготовке данной работы.*

#### **Литература.**

1. Киселев, Б.Р. Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов: учеб. пособие/ Б.Р. Киселев, М.Ю. Колобов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2019 – 179 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя. // В 2 т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Кашиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5 изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – Т.1 – 912 с.

3. Невзорова А.Б. Комплексное восстановление деталей подшипниковых узлов / А.Б.Невзорова. – Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 4. – С. 32–35.

4. Подшипники скольжения для работы в абразивно-агрессивных средах : [монография] / А.Б. Невзорова [и др.]. – Гомель : LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 336 с.

УДК 621.7.044

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГИБКИ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА**

**Кириянов Р.О., (магистрант гр. ММ-11)**

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,  
Республика Беларусь*

**Аннотация:** В статье исследуются ключевые факторы, влияющие на качество и точность процесса гибки листового металла. Проанализировано влияние механических свойств материала, технологических параметров и конструктивных особенностей оснастки на формирование дефектов и точность геометрических параметров деталей.

**Ключевые слова:** гибка листового металла, пружинение, пластическая деформация, технологическая оснастка, качество обработки.

**Актуальность.** Гибка листового металла является одной из ключевых операций в машиностроении, авиа- и судостроении, производстве строительных конструкций и бытовой техники. Ее широкое применение обусловлено возможностью получения деталей сложной пространственной формы с высокой производительностью и минимальными отходами материала [1]. Однако технологический процесс гибки сопряжен с рядом физико-механических явлений, таких как пружинение, упрочнение

материала, утонение стенки в зоне изгиба и риск образования трещин, которые могут привести к браку готовых изделий и выходу из строя оборудования [2]. Несмотря на существующие методики расчета усилий гибки и разработки технологической оснастки, прогнозирование точности геометрических параметров и остаточных напряжений в условиях серийного производства остается сложной задачей, требующей учета множества переменных факторов, что особенно актуально для машиностроительных предприятий Республики Беларусь.

**Цель работы** – исследовать ключевые факторы, влияющие на качество и точность процесса гибки листового металла.

**Результаты анализа.** В ходе анализа выполнена оценка влияния следующих технологических и материальных параметров на качество гибки (отсутствие дефектов, точность угла изгиба):

- механические свойства материала (предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение);
- толщина листового материала;
- радиус гибки (отношение радиуса гибки к толщине материала,  $R/t$ );
- скорость деформации при гибке;
- ориентация изгиба относительно направления прокатки листа;
- тип и конструкция гибочного инструмента (пуансон, матрица);
- применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС).

В результате выполненного многофакторного анализа сделаны следующие выводы:

1. Прослеживается значительное влияние механических свойств материала, в частности относительного удлинения, на минимально допустимый радиус гибки без разрушения. Материалы с высоким значением относительного удлинения (например, низкоуглеродистые стали) допускают интенсивную пластическую деформацию без образования трещин, что подтверждается исследованиями, проведенными на базе РУП «Белорусский металлургический завод».

2. Прослеживается четко выраженная зависимость явления пружинения (возврата детали на некоторый угол после снятия нагрузки) от соотношения  $R/t$  и предела текучести материала. Увеличение радиуса гибки и предела текучести приводит к росту угла пружинения, что требует соответствующей компенсации при проектировании инструмента.

3. Прослеживается влияние ориентации гибки относительно направления проката на склонность к образованию трещин. Изгиб, перпендикулярный направлению прокатки, как правило, является более предпочтительным, так как волокна материала в этом случае меньше препятствуют деформации, что особенно важно для материалов, производимых по белорусским стандартам.

4. Прослеживается зависимость качества поверхности гиба и требуемого усилия от применения СОТС. Правильно подобранная смазка снижает трение, уменьшает усилие гибки и предотвращает образование задиров на поверхности детали и инструмента, что повышает стойкость оснастки, производимой на предприятиях холдинга «Белстанкоинструмент».

**Заключение.** Ключевым фактором, определяющим успешность технологического процесса гибки, являются механические свойства обрабатываемого материала, которые обуславливают его поведение под нагрузкой. Свойства материала напрямую влияют на выбор технологических параметров (радиуса гибки, усилия) и конструкцию оснастки для компенсации пружинена [3]. Пренебрежение этими факторами, такими как анизотропия свойств листа или низкая пластичность, приводит к повышенному проценту брака и снижению эффективности производства, что подтверждается опытом внедрения новых технологий на Минском автомобильном заводе.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Невзоровой Алле Брониславовне, доктору технических наук, профессору за консультацию при подготовке данной работы.

#### **Список литературы**

1. Смирнов-Аляев, Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию / Г.А. Смирнов-Аляев. – М.: Машиностроение, 2018. – 264 с.
2. Попов, Е.А. Основы теории листовой штамповки / Е.А. Попов. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 456 с.
3. Путято А.В., Коновалов Е.Н., Пастухов М.И., Афанаськов П.М., Бугаева Е.В., Белогуб Н.В. Оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона пассажирского после длительной эксплуатации / Вестник Белорусского государственного университета транспорта. – 2020. – № 2(41). – С.42–45.

УДК 62-229.384

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЗЧИКОМ С АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ**

**Клевжиц Д.А. (студент, ГА-51)**

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

**Актуальность.** Погрузчик с телескопической стрелой АМКОДОР Т400-70 предназначен для выполнения погрузочно-разгрузочных и строительных операций. Эффективность его работы зависит от надежности гидросистемы рабочего оборудования и рулевого управления. Традиционные системы с постоянными параметрами давления и расхода вызывают избыточные потери