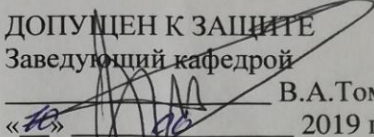


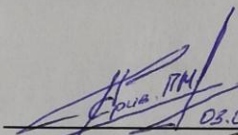
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

В.А.Томило
«10» 2019 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

«Разработка технологии для получения заготовок поковок осей и цапф
транспортной техники методом поперечно-винтовой прокатки»
наименование темы

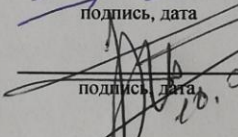
Специальность 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»
шифр наименование специальности

Обучающийся
группы 10402114
номер


подпись, дата 03.06.

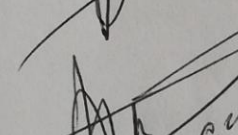
Н.М. Кривулец

Руководитель


подпись, дата 06.06.2019

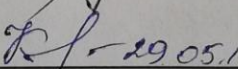
В.А. Томило
зав .кафедрой,
д.т.н. профессор

Консультанты:
по разделу
конструкторско-технологическому


подпись, дата 06.06.2019

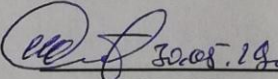
В.А. Томило
зав .кафедрой,
д.т.н. профессор

по разделу
экономическому


подпись, дата 29.05.19

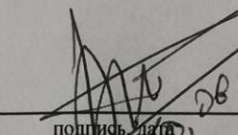
Л.М. Короткевич
к.э.н., доцент

по разделу
охрана труда


подпись, дата 30.05.19.

А.М. Лазаренков
зав. кафедрой, д.т.н.,
профессор

Ответственный
за нормоконтроль


подпись, дата 28.06.19

В.А. Томило
зав. кафедрой, д.т.н.,
профессор

Объем проекта:
расчетно-пояснительная записка - 139 страниц;
графическая часть - 8 листов;
магнитные (цифровые) носители - _____ единиц.

Минск 2019

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 139 с., рисунков 52 , таблиц 42 , 109 источников, 1 приложений.

Ключевые слова: ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВАЯ ПРОКАТКА, ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, ДЕТАЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ, ПРОКАТНЫЙ СТАН.

Разработка технологии для получения заготовок поковок осей и цапф транспортной техники методом поперечно-винтовой прокатки.

Цель проекта - разработка технологии получения поковок осей и цапф методом поперечно-винтовой прокатки.

В процессе проектирования разработана технология для получения заготовок поковок осей и цапф транспортной техники методом поперечно-винтовой прокатки , увеличилась производительность труда, улучшены технико-экономические и санитарно-гигиенические показатели.

В дипломном проекте расчетно-аналитический материал полностью отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных источников теоретические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент: ГОСТ 8734-75. - Введ. 01.01.77. - М.: Стандартиформ, 2007, - 12 с.
2. Полые оси и валы / Л.М. Школьник [и др.]. - М.: Машиностроение, 1968.- 183 с.
3. Карамышев, А.П. Подготовка концов труб перед волочением на радиально-ковочной машине AVS / А.П. Карамышев, И.И. Некрасов, В.С. Паршин, В. А. Сыстеров // *Металлург.* - 2008. - № 9. - С. 40-41.
4. Карамышев, А.П. Определение усилия обжатия заготовок на радиально-ковочной машине AVS / А.П. Карамышев, И.И. Некрасов, В.С. Паршин, В.А. Сыстеров // *Металлург.* - 2009. - № 3. - С. 61-64.
5. Клубович, В.В. Технологии изготовления и обработки специальных периодических профилей: монография / В.В. Клубович, В.А. Томило. - Минск: БИТУ, 2007. - 298 с.
6. Method for producing ultra thin wall metallic tube by cold rolling method: United States Patent US 2009/0145193 A1, Int. Cl B21B17/10 / Chihiro Hayashi.
7. Способ обработки концов трубных заготовок: а.с. SU1409389 A1 СССР, МПК B21H1/00 / Горб И.А., Грицук Н.Ф., Приходько В.П., Сапрыгин Х.М., Тригубчик В.Н.; опубл. 15.07.1988.
8. Allwood, J.M. A survey of flexible forming processes in Japan / J.M. Allwood, H. Utsunomiya // *International Journal of Machine Tools & Manufacture.* - 2006. - № 46. - P. 1939-1960.
9. Горбунов, М.Н. Штамповка деталей из трубчатых заготовок / М.Н. Горбунов. - М.: Машгиз, 1960. - 192 с.
10. Чумадин, А.С. Исследование процесса обжима тонкостенных труб / А.С. Чумадин, А.А. Шишкин // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением.* - 2012. - № 11. - С. 14-18.
11. Попов, О.В. Изготовление цельноштампованных тонкостенных деталей переменного сечения / О.В. Попов. - М.: Машиностроение, 1974. - 120 с.
12. Сосенушкин, Е.Н. Технологические процессы штамповки изделий из толстостенных труб / Е.Н. Сосенушкин, В.В. Третьюхин, Е.А. Яновская // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением.* - 2013.-№2.-С. 25-29.
13. Давыдов, О.Ю. Определение энергосиловых параметров штамповки осесимметричных деталей из особотонкостенных труб / О.Ю.

Давыдов, В.Г. Егоров, В.А. Танский // Заготовительные производства в машиностроении. - 2008.-№2.-С. 37-41.

14. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) [и др.]. - М.: Машиностроение, 1986. — Т. 2: Горячая объемная штамповка / под ред. Е.И. Семенова. - 1986. - 592 с.

15. Hydraulically actuated apparatus: United States Patent US 3706123, 1СI В23Р19/04 / Jon Keyes Whitlege. Date of patent: Dec. 31, 1970.

16. Механические свойства материалов под высоким давлением. Вып. 2: Применение высоких давлений в технологических процессах: пер. с англ. / под ред. Х.Л. Пью, Л.Д. Лившица. - М.: Мир, 1973. — 375 с.

17. Каменецкий, Б.И. Исследование процесса гидроэкструзии трубчатых изделий переменного сечения / Б.И. Каменецкий // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2008. - № 8. - С. 3-8.

18. Каменецкий, Б.И. Исследование процесса формовки шлицевых оболочек из трубных заготовок жидкостью высокого давления / Б.И. Каменецкий // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. — 2008. — № 7. — С. 3—10.

19. Розов, Ю.Г. Исследование процесса гидроэкструзии трубчатой заготовки на профильной оправке методом компьютерного моделирования / Ю.Г. Розов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. - 2013. -№ 12. - С. 21-25.

20. Барабашкин, В.П. Производство труб на агрегатах с трехвалковым раскатным станом / В.П. Барабашкин, И.К. Тартаковский. - М.: Металлургия, 1981.- 148 с.

21. Машины и агрегаты трубного производства: учебное пособие для вузов / А.П. Коликов [и др.]; под ред. А.П. Коликова. - М.: МИСИС, 1998. — 536 с.

22. Романцев, Б.А. Мини-трубопрокатный агрегат 40-80 с трехвалковым станом винтовой прокатки / Б.А. Романцев, А.С. Алещенко, А.В. Гончарук, С.П. Галкин // Metallurg. - 2011. - № 12. - С. 69-73.

23. Тетерин, П.К. Усилия и крутящий момент при винтовой прокатке / П.К. Тетерин // Сталь. - 1971. - № 3. - С. 251-253.

24. Целиков, А.И. Прокатные станы / А.И. Целиков. - М.: Metallurgizdat, 1946. - 560 с.

25. Тетерин, П.К. Теория поперечно-винтовой прокатки / П.К. Тетерин. - М.: Металлургия, 1971. - 368 с.

26. Новые исследования поперечно-винтовой прокатки и внедрение ее в машиностроение / А.И. Целиков [и др.] // Новые процессы обработки

металлов давлением / А.И. Целиков [и др.]; под ред. В.Д. Головлева. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - С. 5-28.

27. Остапенко, А.Л. Соппротивление деформации сталей при прокатке и методика его расчета / А.Л. Остапенко, Л.А. Забира // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 2009. - № 3. - С. 54-79.

28. Исследование на основе теории полей линий скольжения напряженного состояния очага деформации при поперечно-винтовой прокатке на трехвалковом стане / В.М. Луговский, Е.М. Третьяков // Исследования в области обработки металлов давлением / А.Д. Томленов [и др.]; под ред. А.Д. Томленова. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - С. 25-37.

29. Томленов, А.Д. Об особенностях расчета напряженного состояния, возникающего при ковке плоскими бойками / А.Д. Томленов // Вестник машиностроения. — 1959. — № 3. — С. 46—47.

30. Целиков, А.И. Элементы теории поперечной прокатки и холодная прокатка на трехвалковых станах / А.И. Целиков, В.М. Луговский, Е.М. Третьяков // Вестник машиностроения. — 1961. — № 7. — С. 49—54.

31. Смирнов, В.С. Поперечная прокатка / В.С. Смирнов. — М.: Машгиз, к 1948. - 195 с.

32. Емельяненко, П.Т. Теория косо́й и пилигриммовой прокатки / ЩГ П.Т. Емельяненко. - М.: Металлургиздат, 1949. - 494 с.

33. Крейдлин, Н.Н. Расчет обжатий при прокатке цветных металлов / Н.Н. Крейдлин. — М.: Металлургиздат, 1963. - 408 с.

34. Целиков, А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах / А.И. Целиков. — М.: Металлургиздат, 1962. - 494 с.

35. Действия сил при косо́й прокатке и условия захвата в трехвалковых станах / П.К. Тетерин // Труды института металлургии имени А. А. Байкова; выпуск 2 / П.К. Тетерин [и др.]; под ред. И.П. Бардина. — М.: Изд-во АН СССР, 1957.-С. 95-108 с.

36. Ващенко, Ю.И. Прокатка труб в трехвалковых станах с различным расположением валков / Ю.И. Спири́н, А.А. Шифрин [и др.] // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 1965. — № 8. — С. 43—44.

37. Qian D.S. Investigation of distribution of plastic zone in the process of plastic penetration / D.S. Qian, L. Hua, Z.J. Zuo // J. of Mater. Process. Technol. - 2007. -Vol. 187-188, № 12. -P. 734-737.

38. Кузнецов, В.И. Решение трибологических проблем при горячей деформации - эффективный путь повышения качества и снижения стоимости производства / В.И. Кузнецов // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 2007. - № 2. - С. 53-57.

39. Кузнецов, В.И. Опыт использования технологических смазок ОАО «РосНИТИ» при освоении технологии прокатки труб нефтяного сортамента на раскатном трехвалковом стане / В.И. Кузнецов, Н.П. Самкова, А.А. Кривошеев, Е.Ю. Чернецова, В.В. Ананян // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 2009. - № 2. - С. 45-47.

40. Кузнецов, В.И. Современные технологические смазочно-дезоксирующие составы для повышения качества и эксплуатационной надежности бесшовных труб / В.И. Кузнецов, Н.П. Самкова, А.А. Кривошеев, Р.И. Кириенко, Е.Ю. Чернецова // Металлург. - 2008. - № 4. - С. 61-62.

41. Способ подачи технологической смазки на поверхность прокатных валков: пат. 1713707 А1 РФ, МПК В21В45/02 / Ю.И. Блинов, В.В. Зайцев, В.И. Кузнецов, И.Ф. Хайдуков, А.М. Меньшиков, А.С. Ивахненко, Ю.А. Старостин; заявитель Уральский НИИ трубной промышленности. - № 4329860; заявл. 18.11.1987; опубл. 23.02.1992 //Бюллетень. - 1994. -№ 12.

42. Способ винтовой прошивки: а.с. 1196046 А1 СССР, МКИ В21В19/04 / Ю.И. Блинов, В.В. Зайцев, Б.С. Зубанов, Е.Н. Карпенко; Уральский НИИ трубной промышленности. - № 3663137; заявл. 18.11.1983; опубл. 07.12.1985 II Бюллетень. - 1985. - № 45.

43. Иванов, К.А. Проблемы применения смазок при горячей прокатке труб и пути их решения / К.А. Иванов, Ю.Д. Угрумов, С.А. Панасенко, С.И. Корольков, В.К. Стеба // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 2011. - № 5. - С. 52-58.

44. Выдрин, А.В. Новые решения для моделирования процессов горячей и холодной прокатки труб / А.В. Выдрин // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 2007. - № 11. - С. 58-63.

45. Выдрин, А.В. Моделирование технологических процессов в трубопрокатном производстве как способ повышения их эффективности / А.В. Выдрин, П.А. Мальцев, В.В. Широков, Д.В. Луценко, М.Д. Алютин, О. Малкова // Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация». - 2011.-№4.-С. 69-72.

46. Lapovok, R. Modeling the helical rolling of rods in a three-high mill / R. Lapovok, S. Smirnov, V. Solomein // Journal of Materials Processing Technology. - 1998. - № 80-81. - P. 365-369.

47. Карамышев, А.П. Исследование нестационарных процессов обработки металлов давлением / А.П. Карамышев, И.И. Некрасов, С. Паршин, А.И. Пугин, А.А. Федулов // Металлург. - 2009. - № 10. - С. 52-54.

48. Карамышев, А.П. Моделирование процессов обработки металлов давлением в DEFORM-3D с целью рационального построения

технологических процессов / А.П. Карамышев, И.И. Некрасов, В.С. Паршин, А.А. Федулов, А.И. Пугин // *Металлург.* - 2012. - № 2. - С. 53-55.

49. Меркулов, Д.В. Параметры процесса раскатки при различных калибровках валков / Д.В. Меркулов // *Черная металлургия; Бюл. ин-та «Черметинформация»*, - 2009. - № 6. - С. 57-62.

50. Голубчик, Р.М. Расчет коэффициентов осевой и тангенциальной скоростей по длине очага деформации при винтовой прокатке / Р.М. Голубчик, Д.В. Меркулов, М.В. Чепурин // *Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация»*. - 2011. - № 1. - С. 54-57.

51. Меркулов, Д.В. Математическая модель процесса раскатки гильз в косовальковых станах / Д.В. Меркулов // *Производство проката.* — 2008. — № 8. - С. 28-33.

52. Тартаковский, Б.И. Расчет профиля валка в обжимных станах винтовой прокатки / Б.И. Тартаковский // *Черная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация»*. - 2009. - № 6. - С. 63-66.

53. Горбатюк, С.М. Расчет геометрических параметров винтовой прокатки с помощью системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor / С.М. Горбатюк, В. А. Осадчий, Е.З. Туктаров // *Металлург.* -2011.-№ 8.-С. 32-34.

54. Горбатюк, С.М. Проектирование валков стана винтовой прокатки / С.М. Горбатюк // *Сталь.* - 1999. - № 12. - С. 54-57.

55. Панов, Е.И. Методика определения энергосиловых и других параметров поперечно-винтовой прокатки прутков и труб на универсальном стане ПВП 20—60 / Е.И. Панов // *Металлург.* — 2008. — № 5. — С. 47—51.

56. Романенко, В.П. Деформационное воздействие винтовой прокатки на литую колесную заготовку / В.П. Романенко, А.В. Фомин, В.В. Бегнарский, А.А. Яндимиров, А.Н. Никулин // *Металлург.* - 2012. - № 10. — С. 51-56.

57. Романенко, В.П. Влияние предварительной деформации литой заготовки на служебные свойства колесной стали / В.П. Романенко, А.В. Фомин, А.Н. Никулин // *Металлург.* - 2013. — № 4. — С. 63—68.

58. Никулин, А.Н. О роли способа прокатки в формировании служебных свойств металлопродукции / А.Н. Никулин // *Производство проката.* — 2002. — № 8. - С. 2-5.

59. Никулин, А.Н. Деформационное воздействие винтовой прокатки на непрерывнолитой металл / А.Н. Никулин, В.В. Стрелецкий // *Металлург.* - 2005.-№3.-С. 43-46.

60. Романенко, В.П. Компьютерное моделирование деформации сплошной и полых колесных заготовок на прессах / В.П. Романенко, А.В. Фомин, А.А. Яндимиров // *Металлург.* — 2011. — № 7. — С. 62-65.

61. Панов, Е.И. Основные факторы, влияющие на механизм структурообразования и повышение пластических свойств заэвтектических

силуминов при трехвалковой поперечно-винтовой прокатке / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2006. - № 4. - С. 69-75.

62. Богатов, А.А. Влияние напряженно-деформированного состояния при поперечно-винтовой прокатке на структуру и пластичность металлов и сплавов / А.А. Богатов, Е.И. Панов // *Металлург.* - 2013. - № 5. - С. 75-81.

63. Горбатюк, С.М. Способ механического упрочнения поверхности прокатных валков и устройство для его реализации / С.М. Горбатюк, А.В. Кочанов // *Металлург.* - 2012. - № 4. - С. 73-77.

64. Смелянский, В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. - М.: Машиностроение, 2002.-300 с.

65. Панов, Е.И. Влияние основных параметров поперечно-винтовой прокатки на пластические свойства заэвтектических силуминовых сплавов / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2006. - № 5. - С. 72-74.

66. Панов, Е.И. Математическая модель перемещения слоев металла при поперечно-винтовой прокатке заготовки из заэвтектических силуминов / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2006. - № 6. - С. 57-59.

67. Панов, Е.И. Влияние кинематики процесса поперечно-винтовой прокатки на дисперсность структуры заэвтектических силуминов / Е.И. Панов // *Металлург.* — 2006. - № 8. - С. 68-72.

68. Панов, Е.И. Поперечно-винтовая прокатка сплошной заготовки: радиальные напряжения / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2004. - № 1. — С. 33-40.

69. Панов, Е.И. Зависимость радиальных напряжений, возникающих в заготовке, от схем поперечно-винтовой прокатки и усилия натяжения / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2004. - № 2. - С. 32-39.

70. Панов, Е.И. Влияние подпора и натяжения на радиальные напряжения при поперечно-винтовой прокатке / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2004.-№4.-С. 50-57.

71. Панов, Е.И. Напряженно-деформированное состояние заготовки при поперечно-винтовой прокатке: осевые напряжения / Е.И. Панов // *Металлург.* -2004.-№7.-С. 48-53.

72. Панов, Е.И. Влияние усилий подпора и натяжения на осевые напряжения при поперечно-винтовой прокатке / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2004.-№8.-С. 59-64.

73. Панов, Е.И. Влияние технологических параметров поперечно-винтовой прокатки на величину окружных напряжений, возникающих в сплошной заготовке / Е.И. Панов // *Металлург.* - 2005. - № 3. - С. 47-52.

74. Иванов, А.В. Моделирование процесса поперечно-винтовой прокатки сплошной заготовки методом конечных элементов / А.В. Иванов, А.А. Восканьянц, Е.И. Панов // *Непрерывные процессы обработки давлением: Сб. трудов всероссийской НТК, посвященной 100-летию со дня рождения академика А.И. Целикова.* — М.:МГТУ им. Баумана, 14-15.04.2004. - С. 340-348.

75. Панов, Е.И. Касательные напряжения и их зависимость от различных технологических параметров при поперечно-винтовой прокатке сплошных заготовок / Е.И. Панов // *Металлург.* — 2005. — № 7. — С. 45—54.

76. Смирнов, В.С. Поперечная прокатка в машиностроении / В.С. Смирнов, В.П. Анисифоров, М.В. Васильчиков, С.П. Грановский и [др.]; под общ. ред. А.И. Целикова и В.С. Смирнова. - М.: Машгиз, 1957. - 376 с.

77. Грановский, С.П. Новые процессы и станы для прокатки изделий в винтовых калибрах / С.П. Грановский. - М.: Металлургия, 1980. - 116 с.

78. Котенок, В.И. Совершенствование рабочего инструмента для прокатки колец в винтовых калибрах / В.И. Котенок // *Металлург.* - 2005. - № 10.-С. 61-65.

79. Pater, Z. Experimental and numerical analysis of helical-wedge rolling process for producing steel balls / Z. Pater, J. Tomczak, J. Bartnicki, Michael R. Lovell, Pradeep L. Menezes // *International journal of machines tools & manufacture.* — 2013. — № 67. — P. 1-7.

80. Tomczak, J. Designing of screw impressions in the helical rolling of balls / J. Tomczak, Z. Pater, T. Bulzak // *Archives of civil and mechanical engineering.* - 2014. - № 14. - P. 104-113.

81. Nakasuji, K. Effects of rolling conditions on rolling load, rolling torque and power consumption in heavy reduction rolling by the rotary reduction mill / Kazuyuki Nakasuji, Kouichi Kuroda, Chihiro Hayashi // *Journal of the Institute of Steel and Iron of Japan International.* — 1995. — Vol. 35, № 2. — P. 188—196.

82. Nakasuji, K. Forward slip in rotary bar rolling using the rotary reduction mill / Kazuyuki Nakasuji, Kouichi Kuroda, Chihiro Hayashi // *Journal of Japan Society for Technology of Plasticity.* - 1997. - Vol. 38, № 440. — P. 839-843.

83. Shih, C.K. Experimental and numerical analyses on three-roll planetary rolling process / C.K. Shih, C.H. Hung // Journal of Materials Processing Technology. - 2003. - № 142. - P. 702-709.

84. Shih, C.K. The finite element analysis on planetary rolling process / C.K. Shih, C.H. Hung, R.Q. Hsu // Journal of Materials Processing Technology. — 2001. 113.-P. 115-123.

85. Hwang, Y.M. A study of PSW rolling process using stream functions / Y.M. Hwang, H.H. Hsu, G.Y. Tzou // Journal of Materials Processing Technology. - 1998. -№ 80-81. -P. 341-344.

86. Nagpal, V. On the solution of three-dimensional metal-forming processes / V. Nagpal // Journal of Manufacturing Science and Engineering. - 1977. — Vol. 99, № 3. - P. 624-629.

87. Shih, C.K. A study on seamless tube in the planetary rolling process / C.K. Shih, R.Q. Hsu, C. Hung // Journal of Materials Processing Technology, 2002. -№ 121. -P. 273-284.

88. Wu, S.J. A three-dimensional finite element analysis of the three-roll planetary mill / S.J. Wu, Y.M. Hwang, M.H. Chang // Journal of Materials Processing Technology. - 2002. - № 123. - P. 336-345.

89. Hwang, Y.M. Effects of offset angles on the rolling process of a three-roll planetary mill by three-dimensional finite element analysis / Y.M. Hwang, M.H. Chang, S.J. Wu // International Journal of Engineering Simulation. - 2001. - № 123. -P. 3-5.

90. Hwang, Y.M. Analytical and experimental study on the spiral marks of the rolled product during three-roll planetary rolling processes / Yeong-Maw Hwang, W.M. Tsai, F.H. Tsai, III Her // International journal of machine tools & manufacture. - 2006. - № 46. - P. 1555-1562.

91. Li, B. Microstructure and properties of copper tube during three-roll planetary rolling / Bing Li, Shi Hong Zhang, Hai Qu Zhang, Guang Liang Zhang // Journal of Materials Engineering and Performance. - 2008. - № 17(4). - P. 499- 505.

92. Li, B. Prediction of 3-D temperature field of TP2 copper tubes in three-roll planetary rolling process / Bing Li, Shi Hong Zhang, Hai Qu Zhang, Guang Liang Zhang // Journal of materials processing technology. — 2008. — № 205, - P. 370-375.

93. Sun, B. Average unit pressure formula for three-roll tube rolling / Bin-yu Sun, Shi-jian Yuan // International journal of iron and steel research. - 2008. - № 15(4). - P. 38-41.

94. Wang, F. Explorative study of tandem skew rolling process for producing seamless steel tubes / Fu-jie Wang, Yuan-hua Shuang, Jian-hua Hu,

Qing-hua Wang, Jing-chao Sun // Journal of materials processing technology. - 2014. - Jfc 214.-P. 1597-1604.

95. Baines, K. Lead as model material to simulate mandrel rolling of hot steel tube / K. Baines // Journal of Materials Processing Technology. - 2001. - № 118, — P. 422-428.

96. Loizou, N. The yield stress of pure lead in compression / N. Loizou, R.V. Sims // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. - 1953. - № 1. - P. 234-243.

97. Третьяков, А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением: Справ, изд. / А.В. Третьяков, А.И. Зюзин. - М.: Металлургия, 1973. -223 с.

98. Шушкевич, В.А. Основы элетротензометрии / В.А. Шушкевич. – Мн: Вышшая школа, 1975. – 352 с.

99. Metrological regulation for load cells. International recommendation: OIML R 60. - Troyes: International Organization of Legal Metrology: Grande Imprimerie de Troye, 2000. - 83 p.

100. Степнов, М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний / М.Н. Степнов, А.В. Шаврин. - Изд. 2-е - М.: Машиностроение, 2005. - 399 с.

101. Специальные прокатные станы / М.В. Барбарич [и др.]; под ред. А.И. Целикова. - М.: Металлургия, 1971. - 336 с.

102. Грудев, А.П. Внешнее трение при прокатке / А.П. Грудев. - М.: Металлургия, 1973. — 288 с.

103. Потапов, И.Н. Технология винтовой прокатки / И.Н. Потапов, П.И. Полухин. - Изд. 2-е - М.: Металлургия, 1990. - 344 с.

104. Потапов, И.Н. Новая технология винтовой прокатки / И.Н. Потапов, П.И. Полухин. — М.: Металлургия, 1975. - 343 с.

105. Opela, P. Hot flow stress models of the steel C45 / P. Opela, I. Schindler, P. Kawulok, F. Vancura, R. Kawulok, S. Ruzs, T. Petrek // Metalurgija. — 2015. — №3.-P. 469-472.

106. Хензель, А. Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки металлов давлением: Справ, изд. / А. Хензель, Т. Шпиттель; пер. с нем. М.: Металлургия, 1982. - 360 с.

107. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент: ГОСТ 8732—78. — Введ. 01.01.79. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. -4. 11 с.

108. Бурко, В.А. Критерии оценки неравномерности деформации профилированных заготовок в ресурсосберегающих технологиях штамповки / В.А. Бурко И Вютшк НТУ “ХГП”. Серія: Нові рпыення в сучасних технолоях. - 2012. - № 47 (953). - С. 9-14.

109. Левина, Д.Д. Исследование процесса получения заготовок для колец подшипников поперечно-винтовой прокаткой / Д.Д. Левина // Всероссийская НТК «Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии». - М.: МГТУ им. Баумана, 5-8.04.2016.