

АНАЛИЗ И АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ И ВОЛОЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

Гайлис Ю.Д.

**Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Сидельников С.Б.
*Сибирский федеральный университет***

Благородные металлы и их сплавы широко используются в настоящее время при изготовлении ювелирных изделий. Ювелирный рынок в России вновь начал активно развиваться в последние 10-15 лет, поэтому сейчас наблюдается его стабилизация. Кроме того, наметилась тенденция к расширению ассортимента продукции, ее дизайна, поиску новых материалов и их комбинации.

Основными полуфабрикатами в ювелирном производстве являются прутки для сортовой прокатки и дальнейшего волочения, ленты и полосы для листовой прокатки и последующей штамповки из благородных металлов и их сплавов. При изготовлении ювелирных изделий золото в чистом виде используют редко. В качестве легирующих металлов в различных ювелирных сплавах чаще всего используются такие драгоценные металлы как серебро, платина, палладий, иридий и родий, а также медь, никель, кадмий и цинк. Сейчас широкое применение получают новые сплавы белого и красного золота, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками и имеющие более низкую стоимость при изготовлении из них готовых изделий.

Учеными кафедры обработки металлов давлением Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета (ИЦМиМ СФУ) в 2008-2010 гг. были разработаны новые составы лигатур и сплавы белого и красного цвета на основе золота. На составы этих сплавов были получены патенты на изобретение.

Существующие методики расчета технологических режимов волочения, листовой и сортовой прокатки цветных и черных металлов требуют продолжительного времени на их выполнение, кроме того возникают трудности с обработкой экспериментальных данных, существует также значительная вероятность ошибки в связи с неточным определением реологических характеристик сплавов.

Для автоматизации процессов расчета деформационных режимов обработки металлов давлением необходимо использовать имеющиеся алгоритмы и программы для ЭВМ. Однако, как показал анализ научно-технической литературы, такие разработки, как правило, имеют узкую область применения, лишены общедоступности. С этим также связан недостаток данных в литературных источниках, в которых приводилась бы информация о подобных алгоритмах и программах. Ситуация объясняется относительно недавним возникновением направления автоматизации таких расчетов, быстрым расширением ее возможностей, но вместе с тем ограниченностью областей использования данных программ. Кроме того, существующие программы имеют ряд недостатков, сужающих область их применения.

Разработка новых средств автоматизации расчета технологических параметров прокатки и волочения ведется с учетом этих факторов, при этом существует необходимость создания программного обеспечения, позволяющего, не прибегая к справочным данным, проводить расчет многооперационных режимов деформации

металла. Таким образом, целесообразно создание унифицированного программного обеспечения для анализа и оптимизации расчета параметров процессов обработки давлением, особенно для тех сплавов, информация по свойствам которых отсутствует в литературе.

В связи с этим в данной работе была создана программа расчетов деформационных режимов холодной листовой прокатки и волочения благородных металлов и сплавов с использованием данных по их свойствам, полученным в результате проведенных ранее научных исследований на ОАО «Красноярский завод цветных металлов». С ее помощью значительно сокращается время, затрачиваемое на расчет, упрощается анализ результатов, повышается их точность.

В разработанной программе используются методики определения технологических режимов прокатки и напряжений волочения, кинематических характеристик и коэффициентов запаса, разработанные учеными кафедры обработки металлов давлением ИЦМиМ СФУ. Алгоритм программы включает в себя ввод исходных данных, расчет режимов обжатий по проходам, определение энергосиловых параметров прокатки, при этом при прокатке расчет ведется в соответствии с методикой, учитывающей упругое сплющивание валков. Определение параметров волочения производится с учетом изменения напряжения текучести и временного сопротивления разрыву при увеличении суммарной деформации для заданных сплавов.

Программа разделена на два блока: «Листовая прокатка» и «Волочение». В первом – в качестве исходных данных пользователем задаются следующие параметры: начальная толщина заготовки и ее ширина, конечная толщина проката, средняя вытяжка по проходам, технические и геометрические характеристики оборудования (прокатного стана). Программа позволяет определить обжатия по проходам, степени деформации и рассчитать усилие прокатки с учетом ограничений (рис. 1). В блоке «Волочение» в качестве исходных данных задаются: диаметр заготовки, конечный диаметр прутка, средняя вытяжка по проходам. Результаты расчетов для анализа выводятся в виде таблицы на экран монитора.

The screenshot shows a software window titled "Реверсивный стан" with a "Назад" button. The main section is titled "Ввод данных" and is divided into two panels. The left panel, "Исходные данные", contains input fields for: "Исходная толщина заготовки: 1,3 мм", "Конечная толщина: 0,22 мм", "Ширина заготовки: 30 мм", "Средняя вытяжка: 1,4", and a dropdown menu for "Выберите металл:" set to "Золото". The right panel, "Вытяжки по проходам", contains the instruction "Введите значения вытяжек по проходам:" and five input fields: "1: 1,5", "4: 1,4", "2: 1,47", "5: 1,3", and "3: 1,45". Below these panels are buttons for "Выбрать оборудование", "Ок", and "Начать расчет".

Below the input section is a table titled "Результаты расчетов" with the following data:

	Высота,мм	Вытяжка	Степень деформации, %	Сопротивление деформации, МПа	Усилие прокатки, МН	Допустимое усилие, МН
1	0,866	1,5	33,33	265,13	0,05	3
2	0,589	1,46	54,68	418,73	0,07	3
3	0,406	1,44	68,75	412,02	0,05	3
4	0,29	1,39	77,69	363,58	0,04	3
5	0,219	1,32	83,1	315,69	0,02	3

Рисунок 1 - Окно программы для расчета режимов холодной листовой прокатки

В качестве механических характеристик прокатываемых металлов и сплавов необходимо задать значения временного сопротивления разрыву, изменяющиеся в зависимости от степени деформации в единичном проходе. В работе была проведена аппроксимация имеющихся экспериментальных зависимостей сопротивления деформации и напряжений текучести металла от степени деформации для различных сплавов цветных и благородных металлов, а полученные формулы введены в программу. Это сократило количество исходных данных, снизило погрешность в определении энергосиловых параметров прокатки. При этом имеется возможность внесения новых данных по реологическим характеристикам металлов и сплавов и информации об оборудовании в базу данных программы.

В качестве примера продемонстрируем результаты расчета параметров волочения проволоки из нового сплава золота 585 пробы, модифицированного рутением. Диаметр готовой проволоки 0,25 мм, приведенный диаметр заготовки – 1,24 мм. Деформация осуществляется на машине десятикратного волочения со скольжением модели 10NFS COMEVI. Расчетная величина суммарной степени деформации составила $\Lambda_{\Sigma} = 24,65$, а средняя вытяжка - $\bar{\lambda} = 1,38$.

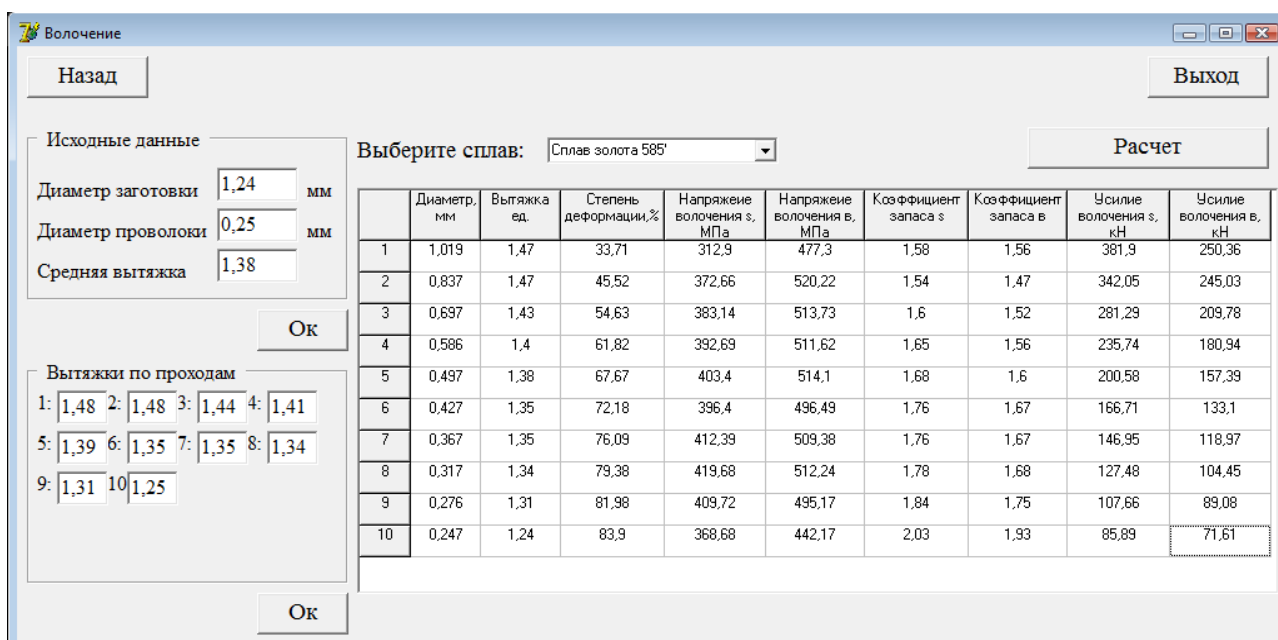
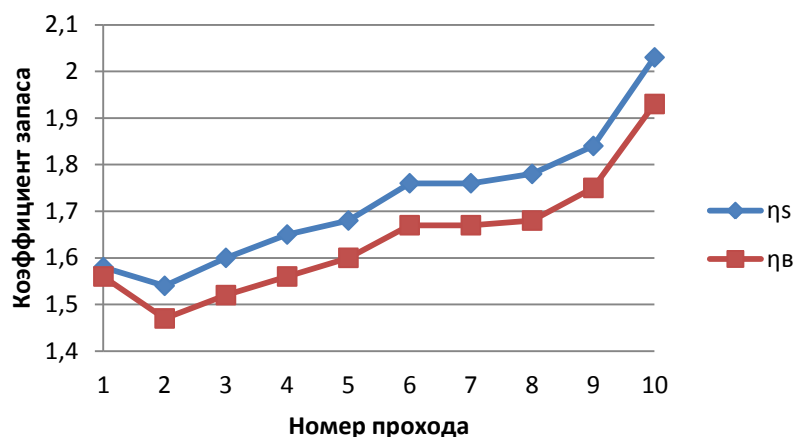
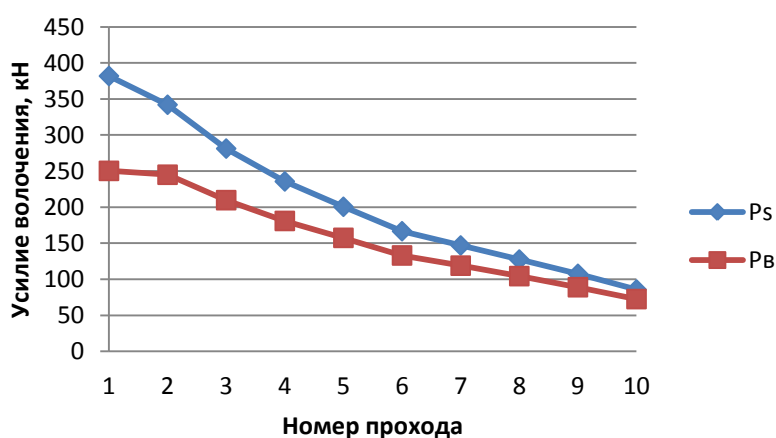


Рисунок 2 - Окно программы расчета режимов волочения

Для расчета в блоке исходных данных задаются вышеперечисленные параметры и при нажатии кнопки «ОК» программа автоматически определяет суммарную вытяжку и количество проходов, открывая соответствующее число ячеек для ввода единичных вытяжек. В последнем проходе коэффициент вытяжки пересчитывается автоматически из условия, что суммарная вытяжка является произведением вытяжек по проходам. В разворачивающемся списке выбирается сплав. Далее нажимается кнопка «Расчет», и программа проводит определение технологических параметров прокатки. Полученные результаты формируются в таблицу, где по проходам указаны расчетные характеристики процесса волочения (рис. 2). Результаты расчетов выводятся на печать в виде графиков зависимости степени деформации, напряжения волочения, усилия волочения (рис. 3,а) и коэффициента запаса (рис. 3,б) от номера прохода.



а



б

Рисунок 3 – Изменение коэффициента запаса (а) и усилия по проходам (б) волочения проволоки из сплава золота 585 пробы

Значение результатов работы состоит в следующем: сокращается время расчетов, повышается их точность, открывается возможность работы с широким рядом сплавов, в том числе новых, и возможность оптимизации режимов расчета комплекса производственных процессов. Данная программа используется в учебном процессе (курсовом и дипломном проектировании) при подготовке инженеров по специальности 150106 «Обработка металлов давлением».

В настоящий момент ведется разработка блока программы, позволяющего проводить расчет режимов обжатия и энергосиловых параметров холодной сортовой прокатки в системе калибров, близкой к схеме «ромб-квадрат», аналогичной той, что применяется на ОАО "Красцветмет" на станах «BILER 8 teste INVIMES» и "Famor TL 12T". Это связано с тем, что тогда программный комплекс будет включать все процедуры расчета технологических режимов холодной обработки ювелирных сплавов.