

УДК 621.7.016.3

Дрягун Э.П., Белан А.К., Белан О.А.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ САМОНАРЕЗАЮЩИХ ВИНТОВ В УСЛОВИЯХ ОАО «ММК-МЕТИЗ»

Аннотация. Самонарезающие винты в настоящее время являются очень востребованными крепежными изделиями. Они нашли свое применение для соединения металла, дерева и пластика. Конструкция самонарезающих винтов многообразна. Наибольшее влияние на качество винтов оказывает качество применяемого металла, поэтому для выполнения требований по геометрическим параметрам и механическим свойствам, необходимо качественное сырье. Изготовление качественной проволоки для дальнейшей штамповки самонарезающих винтов является актуальной задачей в условиях современного рынка. В статье приведены марки стали, применяемые за рубежом и в России. Рассмотрен технологический процесс волочения проволоки для штамповки самонарезающих винтов. Представлены особенности технологии изготовления проволоки для последующей холодной штамповки самонарезающих винтов в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ». Приведены рекомендуемые механические свойства катанки и готовой проволоки для получения головок винтов при высадке и качественной резьбы при накатке. Легированные элементы в металле обеспечат получение механических свойств на готовых винтах после термической обработки. В результате проведенных исследований даны рекомендации по выбору сухих волочильных смазок, позволяющих улучшить качество поверхности готовой проволоки. Представлена новая технология изготовления проволоки с фосфатированием и последующим мокрым волочением.

Ключевые слова: проволока, самонарезающие винты, волочение, холодная объемная штамповка, степень деформации, обжатие.

Самонарезающие винты – это крепежные изделия, применяемые при строительных, кровельных и отделочных работах в качестве крепления деталей к металлическим, пластиковым, деревянным профилям и другим плотным основам. Процесс изготовления самонарезающих винтов (рис. 1) достаточно сложный и включает ряд операций, каждая из которых вносит свое влияние на конечное качество продукции.



Рис. 1. Винты самонарезающие

Наибольшее влияние на качество винтов оказывает качество применяемого металла. Поэтому изготовление качественной проволоки для дальнейшей штамповки самонарезающих винтов является актуальной задачей в условиях современного рынка.

Потребителями проволоки являются заводы-производители самонарезающих винтов. Ежемесячная потребность – в проволоке 500–600 т. Производители самонарезающих винтов чаще всего закупают готовую проволоку за рубежом, из импортных марок сталей, так как в настоящее время изготавливаемая на территории РФ проволока не удовлетворяет высоким требованиям, предъявляемым потребителями. Металл должен иметь высокую технологическую деформиру-

емость и стабильность механических свойств. Кроме того, недопустимы поверхностные дефекты, так как в результате штамповки они приводят к трещинам на головке и к обрыву буравчика. Низкая пластичность и поверхностные дефекты – основные причины низкого качества крепежных изделий.

Целью работы является разработка технологии изготовления легированной проволоки под холодную высадку самонарезающих винтов, обеспечивающей импортозамещение и высокое качество продукции при снижении затрат на производство.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать материал для изготовления проволоки.
2. Разработать технологию подготовки металла перед волочением.
3. Разработать маршрут волочения проволоки и режимы промежуточного отжига.
4. Произвести подбор технологической смазки для волочения, обеспечивающей требуемую чистоту поверхности.
5. Выбрать оборудование для волочения.
6. Установить механические свойства готовой проволоки.

За рубежом для производства самонарезающих винтов применяют сталь SAE 1018 или SAE 1022 [1–3]. Химический состав сталей приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сталей марок SAE 1018 и SAE 1022, %

Сталь	C	Si	Mn	P max	S max	Al max
SAE 1018	0,15-0,20	0,10	0,60-0,90	0,030	0,050	0,020
SAE 1022	0,18-0,23	0,10	0,70-0,90	0,030	0,050	0,020

© Дрягун Э.П., Белан А.К., Белан О.А., 2020

Рекомендуется волооченная термообработанная и слегка калиброванная после термообработки проволока из марок стали C15F2C по DIN 1654 или EN 10263. Поверхность проволоки должна быть фосфатированная, с хорошо нанесенным закрытым сцепляющимся слоем толщиной 3-7 г/м². Химический состав стали марки C15F2C приведен в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав стали марки C15F2C, %

C	Si	Mn	P	S
0,12-0,18	0,15-0,35	0,25-0,50	0,035	0,035

Механические свойства проволоки:
 предел прочности $\sigma_b = 470-500$ Н/мм²;
 предел текучести $\sigma_T = 400$ Н/мм²;
 относительное удлинение $\delta - \min 15\%$;
 относительное сужение $\psi - \min 60\%$.

В России отсутствуют аналоги зарубежных марок сталей под холодную объемную штамповку. Наиболее близкими по химическому составу являются стали 15Г и 20Г по ГОСТ 10702-78 (химический состав по ГОСТ 4543-71, табл. 3).

Таблица 3

Химический состав сталей марок 15Г и 20Г, %

Марка стали	C	Si	Mn	S	P
				Не более	
15Г	0,12-0,19	0,17-0,37	0,70-0,10	0,035	-
20Г	0,17-0,24				

Данные марки стали не обеспечивают качественной штамповки из-за повышенной доли кремния, который влияет на трещинообразование. Специально для производства самонарезающих винтов было разработано техническое соглашение ТС 14-101-679-2007 между ОАО «ММК-МЕТИЗ» и ПАО «ММК» на поставку катанки из стали марки 15Г(М) или 20Г(М) с дополнительными требованиями. Данная марка стали по химическому составу (табл. 4), механическим свойствам наиболее близка к зарубежным аналогам [4-6].

Таблица 4

Химический состав сталей марок 15Г(М) и 20Г(М), %

Марка стали	C	Si	Mn	S	P
				Не более	
15Г(М)	0,12-0,19	Не более 0,07	0,70-1,00	0,030	0,025
20Г(М)	0,17-0,24				

Механические свойства катанки:
 предел прочности $\sigma_b - \text{не более } 500$ Н/мм²;
 относительное удлинение $\delta - \text{не менее } 25\%$;
 относительное сужение $\psi - \text{не менее } 60\%$.

Отличительной особенностью данных марок является снижение доли кремния до 0,07% и регламентированная доля фосфора до 0,025%, это позволило уменьшить трещинообразование на головке винтов при штамповке.

Особенностью технологии изготовления проволоки для самонарезающих винтов является получение максимально пластичной проволоки перед штамповкой с хорошей прокаливаемостью при последующей химико-термической обработке. Проволока должна иметь высокую пластичность (заниженный предел прочности и повышенное удлинение и сужение). Это обеспечивает технологичность металла при штамповке.

Особенностью марок сталей 15Г(М) и 20Г(М) является сильное упрочнение даже при небольшой степени деформации. В среднем деформация на 10% дает упрочнение на 100-150 МПа. Поэтому технология изготовления проволоки должна обеспечивать требуемую пластичность для штамповки и дальнейшей накатки резьбы, а все необходимые прочностные свойства крепежных изделий достигались бы за счет последующей термообработки [3, 6, 7].

Технология изготовления проволоки включает следующие операции:

- 1) Травление катанки и известкование.
- 2) Волочение катанки на промежуточный размер.
- 3) Отжиг передельной заготовки.
- 4) Волочение проволоки на готовый размер.

Одну из важнейших ролей в технологической цепочке играет отжиг металла. Возможность проведения штамповки металла определяется микроструктурой металла и размером зерен. Наиболее благоприятной является структура 100% зернистого перлита с размером зерна 1-3 балла. Современные колпаковые печи EBNER (рис. 2), использующие водород в качестве защитного газа, обеспечивают равномерность температуры в бунтах даже при больших садках. Это дает возможность получения термически обработанной проволоки с равномерными механическими свойствами и качественной структурой, без прироста по величине обезуглероженного слоя.



Рис. 2. Колпаковая печь фирмы EBNER

Свойства передельной заготовки после отжига приведены в табл. 5.

Таблица 5

Свойства передельной заготовки после отжига

Марка стали	Временное сопротивление, Н/мм ² , не более	Относительное сужение, %, не менее	Относительное удлинение δ_{100} , %, не менее
15Г(М)	450	50	20

После отжига передельной проволоки-заготовки, степень деформации при последнем волочении должна быть 5-10%. Данное обжатие обеспечивает получение максимально пластичной проволоки.

Таким образом, качественный отжиг, хорошая подготовка поверхности и степень деформации не более 10% при волочении на готовый размер обеспечивают получение качественной проволоки для дальнейшей штамповки самонарезающих винтов [1, 6, 7]. Рекомендуемые механические свойства готовой проволоки приведены в табл. 6.

Таблица 6

Механические свойства проволоки для самонарезающих винтов

Марка стали	Временное сопротивление, Н/мм ² , не более	Относительное сужение, %, не менее	Относительное удлинение δ_{100} , %, не менее
15Г(М)	490	50	20

Для производимого в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» сортамента самонарезающих винтов изготавливается проволока диаметром от 2,58 до 3,79 мм.

Допуск по диаметру составляет -0,01 мм, это обеспечивает высокую точность проволоки и облегчает процесс настройки холодновысадочного оборудования.

Недостатками данной технологии является качество поверхности готовой проволоки, не удовлетворяющей требованиям потребителя. При волочении проволоки на готовый размер применялись сухие смазки СВСУ и СМС-М28. Качество поверхности проволоки показано на рис. 3.

В результате проведенной работы по подбору сухой волочильной смазки были выделены две смазки Lubrifil VA 1520 и PANLUBE S 2800 V. Волочение с их применением позволило значительно снизить количество остаточной смазки на поверхности и значительно улучшить качество поверхности готовой проволоки (рис. 4).

Процесс волочения проходил стабильно, без обрывов. Поверхность проволоки имела однородный темно-серый цвет. Обе смазки равномерно распределялись по поверхности проволоки и не оставляли на поверхности остаточную смазку в виде пылеобразных хлопьев.

СВСУ



СМС-М28 (мыльная стружка)



Рис. 3. Поверхность проволоки при использовании сухих смазок СВСУ и СМС-М28

Lubrifil VA 1520



PANLUBE S 2800 V



Рис. 4. Поверхность проволоки при использовании сухих смазок Lubrifil VA 1520 и PANLUBE S 2800 V

Для анализа результатов количества остаточной волоочильной смазки были отобраны образцы готовой проволоки диаметром 2,83 мм после волоочения с применением различных смазок. Результаты приведены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты определения количества остаточной волоочильной смазки

Диаметр проволоки, мм	Волоочильная смазка	Тип стана	Количество остаточной смазки	
			%	г/м ²
2,83	CBCU	АЗТМ 1/550	0,100	5,20-5,40
	Lubrifiil VA 1520		0,035	1,80-1,92
	PANLUBE S 2800 V		0,010	0,53-0,55

По данным табл. 7, наиболее хороший результат показала смазка PANLUBE S 2800 V. Дальнейшая переработка проволоки, волооченной на новых смазках, под штамповку заготовок самонарезающих винтов и накатку резьбы осуществлялась без замечаний, забивания инструмента и пылеобразования. Современные сухие смазки Lubrifiil VA 1520 и PANLUBE S 2800 V позволили получить качественную поверхность.

Отсутствие фосфатного покрытия на проволоке не позволяет поставлять данную проволоку потребителям, требующим проволоку с фосфатированием поверхности. Существующая в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» технология фосфатирования окунанием в ванны не обеспечивает равномерной толщины слоя, а разброс по толщине фосфата также негативно отражается на штамповке.

Разработана новая технология получения качественной проволоки диаметром 2,58-3,79 мм с фосфатированием и последующим мокрым волоочением. В условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» технология мокрого волоочения применялась только для проволоки нулевых диаметров, изготавливаемой на современных волоочильных станах.

Новая технология изготовления проволоки включает следующие операции:

1. Травление катанки и известкование.
2. Волочение катанки на промежуточный размер.
3. Отжиг передельной заготовки.
4. Фосфатирование в нитку на термотравильном агрегате ТТА.

5. Мокрое волочение проволоки на готовый размер.

После фосфатирования проволока имела на поверхности равномерный и ровный слой фосфатного покрытия, в отличие от фосфатирования в ваннах. Установленные концентрации ванн и время прохождения проволоки обеспечивают плотность фосфатного покрытия – 3,5-3,6 г/м².

Последующий процесс мокрого волочения фосфатированной проволоки-заготовки был организован на стане АЗТМ 1/650. Для этого была проведена реконструкция стана с целью подачи эмульсии. Волочение проводилось с эмульсией Sintek F1 22, разведенной до требуемой концентрации, при подаче ее в волокодержатель (рис. 5).



Рис. 5. Реконструкция стана АЗТМ 1/650 и подача эмульсии

Процесс волочения проходил стабильно, без обрывов. Использовалась волока, применяемая для сухого волочения. Поверхность готовой проволоки имела однородный блестящий темно-серый цвет, без следов сухой смазки (рис. 6).



Рис. 6. Качество поверхности готовой проволоки

Теория и технология металлургического производства

Таким образом, применение современных смазочных материалов и технологических процессов фосфатирования и мокрого волочения проволоки позволяют получать качественную проволоку для дальнейшей штамповки самонарезающих винтов.

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Установлено, что материалом исходной катанки могут быть отечественные марки стали 15Г(М), 20Г(М), обладающие следующими механическими свойствами: предел прочности σ_b – не более 500 Н/мм²; относительное удлинение δ – не менее 25%; относительное сужение ψ – не менее 60%.

2. Волочение катанки на промежуточный размер проводить с обжатием 60-80%.

3. Сфероидизирующий отжиг промежуточной проволоки-заготовки, должен обеспечивать получение структуры 100% зернистый перлит.

4. При отсутствии требований к фосфатному покрытию рекомендуется осуществлять волочение готовой проволоки с применением смазки PANLUBE S 2800 V, показавшей наиболее хороший результат по стоимости, процессу волочения и обеспечению качества поверхности.

5. В случае изготовления проволоки с фосфатированием рекомендуется применение фосфатирования в нитку с последующим мокрым волочением. Представленная технология не требует дополнительных затрат на оборудование и обеспечивает выполнение требований, предъявляемых потребителями.

6. Волочение готовой проволоки на готовый размер проводить с обжатием 5-10% и допуском по диаметру -0,01 мм.

7. Установлены следующие механические свойства готовой проволоки: предел прочности σ_b – не более 490 Н/мм²; относительное удлинение δ – не менее 20%; относительное сужение ψ – не менее 50%, позволяющие стабильно производить высадку головки винтов и накатку резьбы.

Внедрение новых решений в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» позволило изготавливать проволоку не только для собственного производства самонарезающих винтов, но и поставлять ее другим

производителям. Отлаженная технология и высокопроизводительное холодновысадочное, термическое и испытательное оборудование позволяют получать продукцию высокого качества, удовлетворяющую требованиям потребителей.

Список литературы

1. Белан А.К., Белан О.А. Конструкция самонарезающих винтов и технология их производства // КШП. ОМД. 2015. №9. С. 20-25.
2. Особенности проектирования и изготовления резьбонакатного инструмента для самонарезающих винтов в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» / Белан А.К., Белан О.А., Юркова Е.В., Сидоренко В.В., Овчинников Д.А. // Крепёж, клеи, инструмент. 2015. №3. С. 42-43.
3. Белан А.К., Белан О.А. Особенности технологии изготовления проволоки и калиброванного проката для холодной штамповки // КШП. ОМД. 2014. №10. С. 28 – 31.
4. Проектирование и изготовление технологического инструмента для кузнечно-штамповочных машин при производстве самонарезающих винтов / Белан А.К., Белан О.А., Юркова Е.В., Сидоренко В.В., Овчинников Д.А. // КШП. ОМД. 2014. №12. С. 28–31.
5. Белан А.К., Белан О.А. Оборудование и технологии изготовления крепёжных изделий в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» // Механическое оборудование металлургических заводов. 2015. №2. С. 36-41.
6. Картунов А.Д., Белан А.К., Белан О.А. Оборудование и технологии подготовки горячекатаного проката под холодную штамповку крепёжных изделий // Калибровочное бюро. Электронный научный журнал. 2016. Вып. 8. С. 37-41.
7. Картунов А.Д., Белан А.К., Белан О.А. Разработка конструкции и технологии производства самонарезающих винтов повышенной прочности в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: междунар. сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2016. Вып. 22. С. 150-157.

Сведения об авторах

Дрягун Эдуард Павлович – начальник центральной заводской лаборатории, ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ», Магнитогорск, Россия. E-mail: dryagun.ep@mmk-metiz.ru

Белан Анатолий Кириллович – канд. техн. наук, профессор кафедры механики, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия. E-mail: akbelan@yandex.ru

Белан Ольга Анатольевна – канд. техн. наук, ведущий специалист, ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ», Магнитогорск, Россия. E-mail: belan.oa@mmk-metiz.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF WIRES FOR SELF-TAPING SCREWS IN THE CONDITIONS OF OJSC “MMK-METIZ”

Eduard P. Dryagun – Chief of the Central Plant Laboratory, OJSC "Magnitogorsk Hardware and calibration plant "MMK-Metiz", Magnitogorsk, Russia. E-mail: dryagun.ep@mmk-metiz.ru

Anatoliy K. Belan – Ph.D. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: akbelan@yandex.ru

Olga A. Belan – Ph.D. (Eng.), Leading Specialist, OJSC "Magnitogorsk Hardware and calibration plant "MMK-Metiz", Magnitogorsk, Russia. E-mail: belan.oa@mmk-metiz.ru

Abstract. *Self-tapping screws are currently very popular fasteners. They found their application for joining metal, wood and plastic. The design of self-tapping screws is diverse. The quality of the applied metal has the greatest impact on the quality of the screws. To fulfill the requirements for geometric parameters and mechanical properties, high-quality raw materials are required. Production of high-quality wire for the further stamping of self-tapping screws is an urgent task in the conditions of the modern market. The article presents the grades of steel used abroad and in Russia. The technological process of wire drawing for stamping self-tapping screws is considered. The features of wire manufacturing technology for subsequent cold stamping of self-tapping screws in the conditions of OJSC “MMK-METIZ” are presented. Recommended mechanical properties of wire rod and finished wire are given for obtaining screw heads during upsetting and high-quality thread during knurling. Alloying elements in the metal will provide mechanical properties on the finished screws after heat treatment. Recommendations are given on the selection of dry drawing lubricants, allowing to improve the surface quality of the finished wire. A new technology of manufacturing of wire with phosphating and subsequent wet drawing is presented.*

Keywords: *wire, self-tapping screws, drawing, cold forging, the degree of deformation, compression.*

Ссылка на статью:

Дрягун Э.П., Белан А.К., Белан О.А. Разработка технологии изготовления проволоки для самонарезающих винтов в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» // Теория и технология металлургического производства. 2020. №1(32). С. 35-40.

Dryagun E.P., Belan A.K., Belan O.A. Development of technology of wires for self-taping screws in the conditions of OJSC “MMK-METIZ”. *Teoria i tehnologia metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2020, vol. 32, no. 1, pp. 35-40.

Теория и технология металлургического производства