

благоприятные условия для стабильности размеров колец.

По результатам проведенной работы и с учетом выявленных линейных изменений размеров образцов из стали 95X18-Ш, был рассчитан необходимый гарантированный зазор между оснасткой (стаканом) и деталями при проведении упрочняющей термической обработке.

Литература

1. В.С. Буркин, В.С. Щипунов, Е.А. Островская. Повышение качества и совершенствование технологии термической обработки коррозионностойкой стали для изготовления приборных подшипников (обзор). Серия X.

УДК 621.77.04.675.5

ПРОНИЦАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СТАЛИ X18H10T

Макарович В.И.

*Кандидат технических наук, доцент,
Московский технологический университет*

Аннотация

Изучено влияние основных технологических параметров производства пористых сетчатых материалов (ПСМ) на механические и эксплуатационные свойства.

Показано, что прочность ПСМ зависит от температуры и степени деформации.

Рассмотрена взаимосвязь пористости и прочности. Даны рекомендации по выбору технологических параметров, обеспечивающих оптимальное сочетание точности и пористости.

Ключевые слова: пористость, сетка, материал, сталь, проницаемость, свойства, эффективность, технология

PERMEABILITY POROUS MATERIAL ON THE BASIC STEEL OF X18H10T

Makarockin V.I.

*Moscow technological university
Associate professor*

Annotation

Is studied the influence of the basic technological parameters of the production of porous, reticulated construction materials (PSM) to the mechanical and of performance properties.

It is shown that the strength (PSM) depends on temperature and degree of deformation.

The interrelation of porosity and strength is examined. Were given recommendation regarding the selection of the technological parameters, which ensure the optimum combination of strength of porosity.

Keywords: porosity, a grid, a material, a steel, permeability, properties, efficiency, technology

В настоящее время современный дизайн предъявляет особые требования к технологическим свойствам материалов художественных и промышленных изделий, которые не только создают новые функциональные свойства, но и обеспечивают высокие эстетические качества и, как следствие, расширяют возможности применения материалов с учетом их механических и физико-химических свойств.

Нержавеющая сталь X18H10T обладает превосходными качествами, позволяющими применять ее как в бытовых, так и в промышленных конструкциях.

«Подшипниковая промышленность». ЦНИИТЭИавтопром. М., 1987г., стр. 35-36.

2. А.Г. Спектор, Б.М. Зельбет, С.А. Киселева. Структура и свойства подшипниковых сталей. «Металлургия» М., 1980г., стр. 235.

3. И.М. Глейзер, А.А. Сорокина. Марочник стали для машиностроения. ЦИНТИМАШ, М., 1965г., стр. 508.

4. В.С. Буркин. Отчет «Разработка и создание фонда справочных данных по физико-механическим свойствам коррозионностойких подшипниковых сталей 95X18-Ш и 110X18M-ШД». Тема 9-II-84/13-II-83, ВНИПП, 1984г., М., стр. 41.

Основным достоинством сталей является коррозионная стойкость, обеспечивающая длительный срок службы. Помимо этого нержавеющая сталь слабо подвержена действию большинства кислот и щелочей. Сталь X18H10T имеет сертификат гигиеничности и может применяться для изготовления бытовых предметов, в том числе емкостей для воды, фильтров, медицинских инструментов.

Сталь типа X18H10T обладает удовлетворительной прочностью, хорошо упрочняется при пластической деформации.

Изделия из нержавеющей стали получают литьем, штамповкой, сочетанием различных технологий.

В настоящее время большой интерес вызывают материалы на основе тканых сеток из нержавеющей стали, полученных из проволоки по специальной технологии – это пористые проницаемые материалы. Они применяются в различных областях машиностроения, энергетической, авиационной, химической, газовой, металлургической, медицинской и др. отраслях промышленности. Они используются в качестве фильтрующих элементов, глушителей шумов, конструкционных элементов солнечных батарей и др.

Наиболее перспективными пористыми проницаемыми материалами, являются материалы, изготовленные из тканых металлических сеток. Структура сеток обеспечивает организованность строения в конечном пористом сетчатом материале (ПСМ). В отличие от существующих пористых материалов ПСМ отличается высокая воспроизводимость свойств, возможность переработки листа традиционными способами штамповки сложной пространственной формы, высокие прочностные характеристики за счет волоконно-организованной структуры, широкий диапазон гидравлических, фильтрационных характеристик, высокая коррозионная стойкость в широком диапазоне температур.

Эксплуатационные и механические свойства существенно зависят от свойств исходного материала: толщины проволоки и величины пор, а также от технологических параметров процесса получения ПСМ.

При уменьшении пористости прочностные характеристики возрастают и приближаются к значениям этих характеристик для основного металла, из которого изготовлена сетка. В общем случае σ_b изменяется от 150 до 550 МПа.

Пористые сетчатые материалы по сравнению с порошковыми пористыми материалами при одной и той же пористости имеют характеристики прочности в 1,3–1,5 раза выше.

Кроме этого ПСМ обеспечивает более высокую степень очистки, чем известные в настоящее время фильтрующие материалы.

Лучшими эксплуатационными свойствами обладают материалы, изготовленные из тканых металлических сеток различными способами сварки. Технологический процесс изготовления пористых сетчатых проницаемых материалов (ПСМ) включает в себя подготовку сетки, сборку ее в брикет, герметизацию бри-

кета сетки в вакуумированной оболочке и горячую прокатку.

Преимущество ПСМ по сравнению с порошковыми и волокнистыми материалами заключается в использовании в качестве исходного материала тканых или вязаных металлических сеток, имеющих строго упорядоченную геометрию расположения проволок. Это обстоятельство позволяет проектировать из ПС изделия с заданным комплексом служебных свойств с высокой степенью их воспроизводимости.

Наиболее перспективной является технология получения ПСМ методом горячей прокатки в вакуумированной оболочке брикета сеток.

В настоящее время механизм сварки давлением, а также влияние технологических параметров этого процесса на эксплуатационные свойства изучены недостаточно, в связи с чем, целью настоящей работы является:

1. Исследование механизма образования соединения при сварке давлением в вакуумированной оболочке.

2. Определение оптимального режима технологического процесса получения ПСМ и изделий из него.

3. Определение влияния технологических параметров получения на механические свойства ПСМ.

В соответствии с преобладающей точкой зрения соединение отдельных проволок карточек сеток происходит за счет сварки прокаткой и относится к категории твердофазных топомических реакций [1]. Сварка металлов совместной пластической деформацией при высоких температурах по данным работы [2] может быть разделена на три стадии:

1. На первом этапе происходит смятие неровностей поверхностных слоев, частичное разрушение окисных пленок, возникновение непосредственного контакта (ювенильных) поверхностей и появление узлов взаимодействия в местах объединения кристаллических решёток.

2. На втором этапе узлы взаимодействия при дополнительной пластической деформации расширяются и превращаются в зоны взаимодействия. Это приводит к увеличению общей площади взаимодействия, уменьшению свободной энергии контактирующих поверхностей.

3. На третьем этапе зоны взаимодействия продолжает расширяться, в результате чего граница соединения превращается в непрерывную монофазную границу. Одновременно с

этим происходит процесс дробления, вытягивания и растворения окисных пленок, чему способствуют рекристаллизационные процессы и структурные превращения.

Основными факторами, определяющими качество сварных соединений проволок в процессе горячей прокатки брикета сеток являются:

- состояние поверхности проволок сетки;
- среда, в которой производится горячая прокатка;
- технологические параметры сварки прокаткой (температура прокатки - T , степень s и скорость деформации).

Качество полученных сварных соединений проволок и самого пористого материала оценивалось следующими способами:

1. Испытания на отрыв сварных перекрестий проволок из стали X18H10T.
2. Металлографические исследования сварных соединений.
3. Испытания на отрыв кольцеобразных образцов из ПСМ.

4. Испытания на статическое растяжение образцов ПСМ из стали X18H10T.

Анализ микроструктуры показал, что соединение отдельных слоев сеток в ПСМ происходит на перекрещивающихся проволоках. Данное обстоятельство позволило смоделировать схему сварного соединения, исследовать влияние технологических параметров процесса получения ПСМ (T , ε) на величину напряжения отрыва ($\sigma_{отр}$) на крестообразных образцах. Диаметры проволок для модельных испытаний 5 мм, химический состав идентичен составу проволок сеток из стали X18H10T.

Прочность на отрыв сварных перекрестий проволок определяли экспериментально в зависимости от температуры и относительного обжатия при деформировании в вакуумированной оболочке.

Испытания сварных перекрестий проволок (Рис. 1) проводили на универсальной машине Р10, работающей через реверс на сжатие.

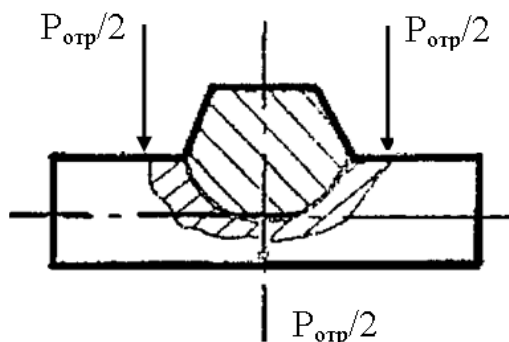


Рис. 1 – Схема испытаний перекрестий проволоки

Показано (Рис. 2, 3), что с увеличением степени деформации величина $\sigma_{отр}$ вначале возрастает до некоторого максимума для $T =$

1270°C, $\varepsilon = 30-35\%$, для $T = 1200^\circ\text{C}$, $\varepsilon = 40-43\%$, а затем начинает падать.

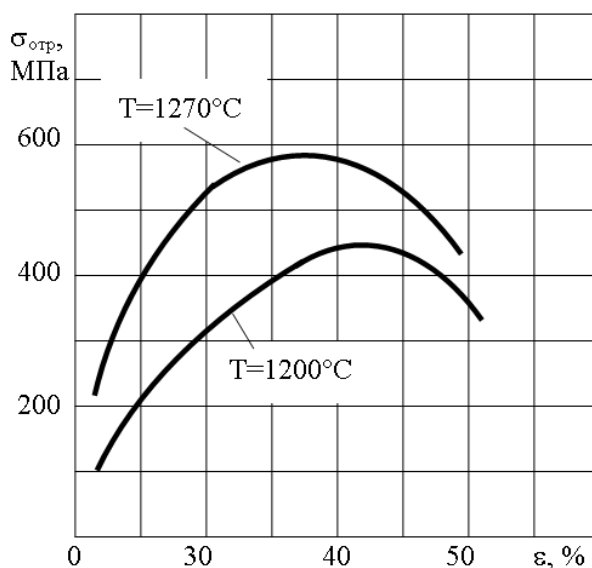


Рис. 2 – Влияние степени деформации на напряжение отрыва

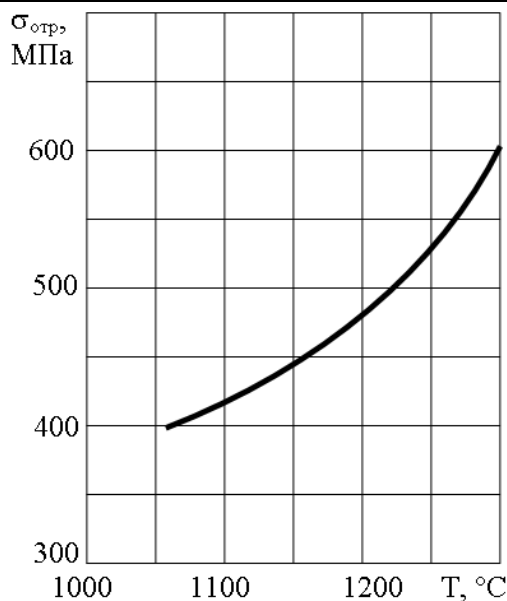


Рис. 3 – Зависимость напряжения отрыва от температуры деформации

С увеличением температуры нагрева под прокатку максимум величины $\sigma_{отр}$ смещается в сторону уменьшения величины относительного обжатия. Наибольшие значения $\sigma_{отр}$ получены при температуре деформации 1270°C. При деформации крестообразного соединения с величиной относительного обжатия $\epsilon = 30\%$ и $T = 1200^\circ\text{C}$ и ниже не обеспечивается качественной сварки в месте контакта. Соединение в данном случае реализуется за счет образования металлической связи [2]. Увеличение относительного обжатия до $\epsilon = 45\text{--}50\%$ приводит к образованию металлических связей в отдельных точках контактирующих поверхностей. Одновременно с этим следует отметить, что структура на границе раздела 2-х поверхностей цилиндров не отличается от структуры основного материала. Данное обстоятельство указывает на возможность развития диффузионных процессов при указанных технологических параметрах.

Наличие диффузионных процессов по границам раздела двух цилиндров приводит к увеличению напряжения отрыва (Рис. 2, 3). Повышение температуры нагрева до 1270°C способствует образованию диффузионного сварного соединения по всей зоне контакта при относительном обжатии $\epsilon = 32\text{--}37\%$. Данное обстоя-

тельство объясняется увеличением диффузионной подвижности атомов легирующих элементов. С увеличением относительного обжатия сварная зона по границе двух цилиндров разрушается. Это происходит за счет интенсивного течения металла по границе соединения и последующего перемешивания с окислами контактирующих поверхностей.

Данное обстоятельство проявляется в снижении величины напряжения отрыва $\sigma_{отр}$ (Рис. 2).

Анализ полученных результатов показывает, что наибольшие значения отрыва $\sigma_{отр}$ достигаются при деформации крестообразных соединений с величиной относительного обжатия $\epsilon = 32\text{--}37\%$ и температурой нагрева под прокатку $T = 1270^\circ\text{C}$.

Количественная оценка межслойной прочности листового производилась на кольцеобразных образцах, изготовленных из полотняной сетки П60, прокатанной при температуре 1270°C. Испытания на отрыв дают возможность оценить величину средних нормальных напряжений, возникающих в момент разрушения материала в плоскости контакта карточек сеток.

Результаты экспериментальных исследований $\sigma_{отр}(\epsilon)$ представлены на Рис. 4.

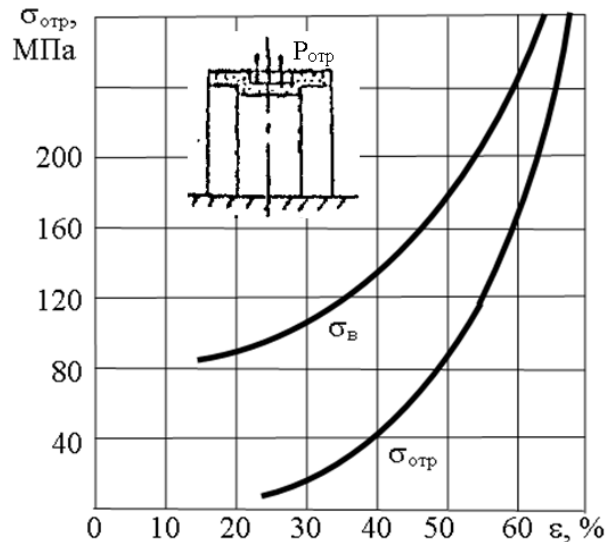


Рис. 4 – Влияние степени деформации на прочностные характеристики ПСМ

Показано, что величина средних нормальных напряжений в плоскости контакта карточек сеток существенно зависит от величины относительного обжатия s . Величина нормальных напряжений отрыва $\sigma_{отр}$ определялась из выражения

$$\sigma_{отр} = \frac{P_{отр}}{F_K},$$

где $P_{отр}$ – максимальное усилие отрыва, при котором происходит разрушение межслойной связи ПСМ; F_K – площадь кольца, воспринимающего нагрузку. Ширина кольца принималась равной толщине листового ПСМ.

Для сравнения межслойной прочности и прочности в плоскости листа на Рис. 4 приведена ранее полученная автором [3] зависимость $\sigma_B(\varepsilon)$. Анализ полученного экспериментального материала показывает, что ПСМ равнопрочен в двух взаимно перпендикулярных направлениях при $\varepsilon \geq 60\%$.

В результате проведенных исследований удалось установить, что оптимальной температурой и относительным обжатием для получения ПСМ с качественным сварным соединением являются $T = 1270^\circ\text{C}$ и $\varepsilon = 32\text{--}37\%$.

Данным способом можно получить ПСМ толщиной 0,2–30,0 мм и длиной и шириной соответственно $L \times B = 1000 \times 300$ мм. Геометрические размеры листа определяются возможностями технологического оборудования и размерами полотна тканой сетки. По

вышеприведенной технологии можно изготавливать комбинированный ПСМ, т.е. с переменной пористостью, размером пор и прочностью по толщине и площади листа.

Области применения ПСМ определяются комплексом требований, предъявляемых к механическим свойствам и пористости.

Величина пористости ПСМ для заданного типоразмера сеток определяется из выражения

$$\Pi = 1 - \frac{\Pi_0}{(1 - \varepsilon)\lambda}$$

и для комбинированного ПСМ из выражения

$$\Pi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Pi_i h_i,$$

где Π_0 – исходная пористость сетки;

ε – величина относительного обжатия;

λ – вытяжка брикета сетки;

n – число комбинаций сеток, собранных в брикет.

Таким образом, пористость зависит от целого ряда факторов, одним из которых является величина относительного обжатия. Поэтому было изучено влияние степени обжатия на пористость ПСМ. Исследования проводились на образцах, изготовленных из плотной сетки П60. Температура прокатки – 1270°C , $\varepsilon = 10\text{--}70\%$.

Показано, что при увеличении степени обжатия пористость уменьшается. При оптимальных режимах деформации пористость составляет 43–47% (Рис. 5).

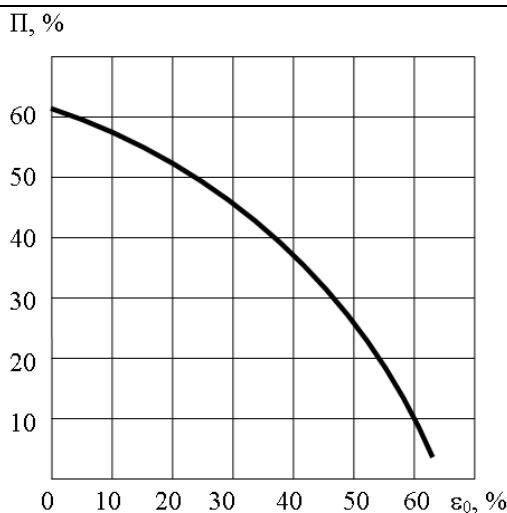


Рис. 5 – Изменение пористости ПСМ в зависимости от степени деформации

Была изучена связь между характеристиками механических свойств и пористости для ПСМ (Рис. 6).

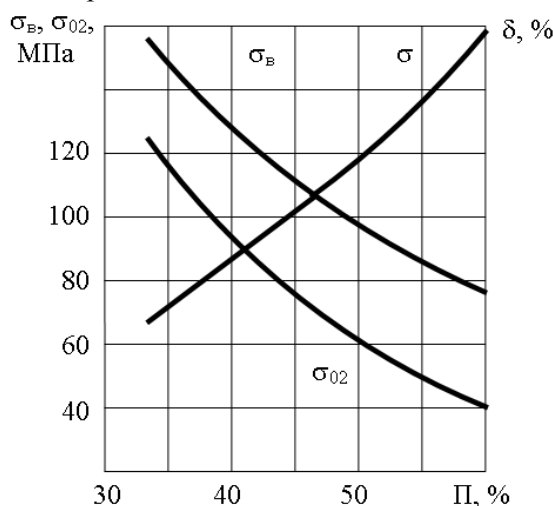


Рис. 6 – Изменение механических свойств в зависимости от пористости ПСМ

При увеличении пористости σ_v и σ_{02} интенсивно снижаются. ПСМ с пористостью $П \geq 43\%$ нецелесообразно использовать в конструкциях с большими удельными нагрузками, т.к. это может привести к его расслоению и потере материалом конструктивной прочности.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы: изучен механизм соединения элементов ПСМ при прокатке; показана зависимость механических свойств от параметров (t, ϵ) технологического процесса; установлена связь между механическими свойствами, проницаемостью и технологическими параметрами.

Важным требованием для целого ряда изделий является обеспечение заданных механических, технологических и эксплуатационных свойств при минимальном весе конструкции. Уменьшение веса может быть достигнуто в результате применения сетки из материалов с

высокой удельной прочностью $\sigma_{в/к}$. Установлено, что с увеличением степени деформации в процессе прокатки брикета возрастает как σ_v , так и плотность материала ρ . Тем не менее, плотность ПСКМ составляет всего 40–50% ρ материала, из которого изготовлена сетка, поэтому удельная прочность ПСКМ выше, чем стандартного материала аналогичного химического состава.

Технологические характеристики ПСКМ значительно выше, чем у порошковых проницаемых материалов. Традиционными методами механической обработки, обработки металлов давлением и специальными методами размерной обработки можно получить изделия сплошной пространственной формы: выпуклые, вогнутые, ребристые, трубчатые и т.д. (Рис. 7).



Рис. 7 – Примеры полуфабрикатов из ПСКМ

Таким образом, предложенные пористые сетчатые проницаемые конструкционные материалы (ПСКМ) превосходят по свойствам порошковые, а также другие, используемые в настоящее время в качестве проницаемых материалов. Кроме того высокие технологические свойства ПСКМ позволяют оптимизировать процесс формообразования и расширить области их применения.

Литература

1. Шоршоров М.Х., Красулин Ю.Л., Дубасов А.М. О природе химико-физических явлений в сварных и паяных конструкциях.- Сварочное производство, 1967, № 12, с.4-7.
2. Лозинский М.Г., Таканов А.И. О механизме образования и строения переходной зоны в биметалле ст.3 + X18H10T. – Машиноведение, 1967, № 3, с. 85-95.
3. Макарошкин В.И. Механические свойства пористого сетчатого проницаемого материала (ПСКМ), полученного из сетки № 60//С6. научных трудов: Структура, механические и физические свойства металлических материалов. М.1987, с. 119-125.
4. Ковпак А.Т., Крючков М.А., Макарошкин В.И. Процесс получения элементов конструкций из многослойных сетчатых материалов и их применяемость//Сборник научных

трудов «Инновационные технологии и повышение качества в приборостроении. Москва 2000. Выпуск 5, с. 3–11.

Сведения об авторах

Макарошкин Виктор Иванович

Место работы и должность: Московский технологический университет, Физико-технологический институт, кафедра оптических и биотехнических систем и технологий, кандидат технических наук, доцент.

Рабочий адрес и телефон: Россия, г. Москва, Стромьнка, 20;
тел.: (499) 681-33-56, IP 4041.

Author's details

Macarochkin Viktor

Place of work and job title: Moscow technological university, Physicotechnological institute, Department of optical and biotechnical systems and technologies, Associate professor

Work address and phone: Russia, Moscow, 20 Stromynka str.;
tel. (499) 681-33-56, IP 4041