

УДК 620.18:T4

*А. А. Слюдова, Н. Н. Ведерников,
О. Б. Лисовская, Л. А. Сенникова*

ИНТЕГРАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Предметом исследования настоящей работы являлось кузнечное ремесло, а именно коллекция железных ножей с Никулицкого городища, полученная в результате раскопок Среднерусской археологической экспедицией ИИМК АН СССР (совр. ИА РАН) и Кировского областного краеведческого музея в 1956–1960 гг. В статье рассмотрены основные технологические аспекты изготовления режущих металлических орудий труда, определены методы и приемы изготовления исследуемых изделий – свободная ковка, пакетирование, наварка. Произведена оценка дефектов исследуемых артефактов – коррозионных повреждений, пор, трещин, выявлена микроструктура исторических ножей, определен химический состав и твердость: материалы неустойчивы по химическому составу и структуре (содержание углерода в разных частях одного ножа сильно отличается, что объясняется применением ремесленной технологии обработки материалов). Проведение металлографического анализа позволило изучить технологические процессы, которые применялись мастерами при выполнении кузнечных работ в Вятском крае в XIII–XV вв. Результаты исследований могут быть полезными для разработки технологий производства современных стальных композитов. Дальнейшее исследования предполагают расширение и уточнение данных по металлообработке XIII–XV вв. Работа выполнена на базе кафедры Материаловедения и основ конструирования им. Кондратова В. М. в сотрудничестве с Кировским областным краеведческим и Слободским краеведческим музеями.

Ключевые слова: микроструктурный анализ, микроструктура, твердость, пакетный металл, химический состав.

Работа выполнена в сотрудничестве с Кировским областным краеведческим и Слободским краеведческим музеями. Предметом исследования настоящей работы являлось кузнечное ремесло, а именно коллекция железных ножей с Никулицкого городища, полученная в результате раскопок Среднерусской археологической экспедицией ИИМК АН СССР (совр. ИА РАН) и Кировского областного краеведческого музея в 1956–1960 гг. под руководством Л. П. Гусаковского. Коллекция хранится в собрании Кировского областного краеведческого музея и Слободского музейно-выставочного центра. Никулицкое городище располагается в Слободском районе Кировской области, с. Никульчино, является памятником древнерусской культуры XIII–XV вв.

Целями исследования являлось: определение химического состава исторических образцов, изучение микроструктуры сплавов, поиск возможных дефектов (трещин, пузырей, раковин, шлаковых включений и других несплошностей), определение технологических методов и приемов изготовления данных изделий. Необходимо было получить представление об общем ходе ремесленного процесса на территории Кировской области от истоков до начала XV века, а также определить общий металлургический фон (типы использованных в соответствующие периоды сплавов на основе железа по данным историко-металлургических исследований для территории Вятской губернии) и изучить сырьевой аспект.

Исследования проводили на образцах, вырезанных от восьми ножей с Никулицкого городища, полученных в результате раскопок (рис. 1).

Химический состав бронз определяли эмиссионным спектральным анализом (таблица).

Металлографические исследования выполняли на оптическом микроскопе Neophot 2.

Механические свойства определяли по стандартным методикам. Твердость определяли на твердомере типа Виккерс.

Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3, нагрузка 50 г.

О свойствах легендарных оружейных сталей хотя бы понаслышке знает любой цивилизованный человек. Они являются свидетельством уникальных возможностей мастеров металлургической профессии. В чем секрет этих удивительных сплавов, кто и когда их обрабатывал? Современная наука нашла ответы на эти вопросы. Почему это актуально? Будущее за композиционными материалами. Это самые разные сочетания пластика, керамики, углеродных волокон, наноматериалов. Однако из истории техники хорошо известно, какой материал является по-настоящему уникальным композитом – это легендарная оружейная сталь [1, 2]. В XX в. в индустрии черных металлов монопольное распространение получили легированные стали, но полезные примеси благодаря использованию металлолома стали гулять по металлу сами по себе изменяя его свойства, за что получили название вагантов (праздношатающихся бродяг).

Химический состав образцов, изготовленных

из железоуглеродистых сплавов, среднее содержание углерода до 0,5 %

Образец	Si	Mn	Cr
1 / НКЛ 60\26	0,12	0,08	0,04
2 / НКЛ 60\38	0,34	0,18	0,04
3 / НКЛ 60-29	0,18	0,08	0,06
4 / НКЛ 60-37	0,34	0,12	0,04
6 / НКЛ 60\21	0,16	0,08	0,06
7 / НКЛ 58\977	0,18	0,06	0,04
8 / НКЛ 58\540	0,20	0,08	0,04
9 / НКЛ 200 № 9	0,24	0,12	0,04

Примечание – буквы НКЛ и следующие за ними цифры – маркировка музея.

В результате встал вопрос о разработке стального композита, в котором ваганты вели бы себя прилично, потому что выведение из металла обходится очень дорого. Поэтому изучение легендарного стального композита является актуальным в настоящее время.



Образец № 1 / НКЛ 60\26



Образец № 2 / НКЛ 60\38



Образец № 3 / НКЛ 60-29



Образец № 4 / НКЛ 60-37



Образец № 6 / НКЛ 60\21



Образец № 7 / НКЛ 58\977



Образец № 8 НКЛ/ 58\540



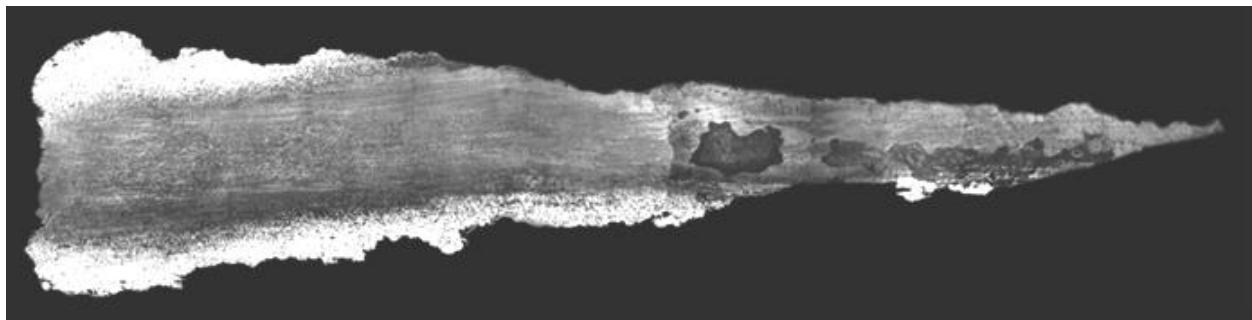
Образец № 9 / НКЛ 200

Рис. 1. Внешний вид ножей, представленных на металлографическое исследование

Во всех странах и регионах выплавку и обработку стали окружала завеса таинственности и секретности. Кузнечную сварку губчатого кричного металла применяли еще в самом начале железного века. Эта технологическая особен-

ность нашла отражение в названии древнего металла – «сварочное железо». Самой распространённой и простой является сварка сложенных стопкой пластин, образующих пакет. Пакет нагревают в горне и посыпают тем или иным флюсом, который сплавляется с образующейся на поверхности окалиной и очищает от нее свариваемые поверхности. Растворяя окалину, флюс одновременно образует жидкий шлак предохраняющий поверхность металла от дальнейшего окисления. Покрытый жидким шлаком пакет разогревают до белого каления и проковывают. Сначала выжимают жидкий шлак, а затем сильными ударами осуществляют собственно сварку. После первой сварки пакета его расковывают на полосу, разрубая на части, которые снова складывают стопкой и проводят вторую сварку. Эти действия повторяют до тех пор, пока не наберут желаемое количество слоев железа и стали в изделии. Отметим что прочность даже двух сваренных пластин из металла разного состава выше, чем просто сумма прочностей каждой из них, и чем больше пластин соединяется, тем более повышается прочность. Это объясняется тем, что на стыке стали и железа образуется упрочненный пограничный слой с сильно искаженной кристаллической решеткой металла [1, 3, 4]. При увеличении числа слоев возрастает относительная толщина упрочненного пограничного слоя. Также имеет значение эффект троса. Как в тросе, состоящем из сотен тонких проволочек, разрыв одной из них не приводит к разрыву троса в целом. Так и в пакетной стали возникшая микротрещина перерезает только один стальной слой и угасает, не успев развиваться в мягкой железной прослойке. Технологической особенностью клинка являлась его составная конструкция, представляющая собой трехслойный, реже пяти-слойный пакет, с твердой сердцевиной и прочными обкладками. Первоначально на обкладки шло обычное железо, а центр – твёрдое фосфористое. Позднее фосфоритное железо уступило место качественной высокоуглеродистой стали, а на обкладки стали использовать низкоуглеродистую [2]. Суть этого технологического приема клинка заключается в том, что имеющий хорошие режущие свойства средний слой упрочняется обкладками из низкоуглеродистой стали.

Такой прием получил название пакетирование, а схема трехслойный пакет. Пакетирование клинков обеспечивало сочетание великолепных прочностных свойств высокой стойкостью режущей кромки, что придавало им ценность и гарантировало спрос.



а



б



в

Рис. 2. Микроструктура образца № 6; б) поверхность – 330 кг/мм²;

в) сердцевина – 466,27 кг/мм²



а



б

в

Рис. 3. Микроструктура образца № 7; б) поверхность – смесь феррита и перлита и ферритные полосы : Ф – 250 кг/мм², П – 550 кг/мм²; в) сердцевина – 650 кг/мм²

Несколько таких ножей представлено среди археологических находок с Никулицкого городища. Следует отметить престижность такого рода клинков, которые, по-видимому, были доступны далеко не каждому. В районах, где жил простой народ такие технологические схемы крайне редки [5].

Для изучения технологии изготовления ножей шлифы делались в поперечном сечении клинка. Ножи рассматриваемой коллекции изготовлены по следующим основным схемам: «пакетная» технология, торцевая стальная наварка на железную основу, косая наварка стальной полосы на железную основу, цельно железные изделия. Структурное изучение коллекции ножей позволило выяснить, что многие хозяйственные ножи ковали целиком из заготовки «мягкой» стали. Технология изготовления цельностального ножа была проста, вся трудность состояла во владении навыками свободнойковки стали. Существенная операция при изготовлении этих ножей – термическая обработка.

Режимы термической обработки ножей всегда привлекали пристальное внимание исследователей. Известно, что в качестве закалочной среды широко использовалась и родниковая вода, и вода минеральных источников [2]. Температура воды и растворимые в ней соли оказывали большое влияние на скорость охлаждения изделий, поэтому место отбора воды и ее температуру при закалке мастера держали в строгом секрете. Металлурги искали и умели находить среды, в которых сталь закаливалась лучше, чем в простой воде, они разрабатывали различные варианты закалки и достигали значительных успехов. Следующая группа – цельно-железные ножи. Они откованы из железа, иногда со следами

науглероживания. Улучшить рабочие свойства железного изделия можно было тщательной и умелой ковкой. Возможно, применялся наклеп. Уловить путем микроскопического исследования явного признака наклепа на ножах не удалось.

Наибольший интерес представляют результаты металлографического исследования образцов № 6 и № 7 – это ножи, откованные из пакетного металла. При микроскопическом исследовании таких предметов наблюдается слоистая структура металла (рис. 2а; 3а). Внутреннее строение стали неоднородно: твердые участки металла чередуются со сравнительно мягкими. Вероятно, заготовка для ножей была предварительно сварена из нескольких полос металла, затем этот кусок проковывали, перегибали и опять проковывали. Пакетный металл мог быть получен также и многократным перегибанием одной и той же пластины при ковке.

Микроструктура металла поверхности ножа № 6 представляет собой феррит, имеются мелкие разрозненные участки перлита (рис. 2б). Угловатая форма зерен говорит о том, что изделие получено горячей пластической деформацией при ковочной температуре. Из-за неравномерного распределения перлита в ферритной основе, можно предположить, что заготовка из железа нагревалась в углеродсодержащей среде, например, в горне. Перегрева и пережога не обнаружено. Микроструктура сердцевины (рис. 2в) – это феррито-цементитная смесь (тростит), имеющая зернистую форму и избыточного феррита в виде отдельных компактных частиц. Это свидетельствует о том, что применялась «мягкая» среда при закалке. Нож № 7 был подвергнут закалке в воде, и имеет мартенситную структуру стальных полос (рис. 3б, в). Ножи № 6 и № 7 отличаются высоким качествомковки, незначительным количеством шлака, равномерным и мелкозернистым строением металла. Сварные швы не прослеживаются.

После проведения исследований были сделаны следующие выводы.

При получении металла и при изготовлении деталей применялась ремесленная технология обработки материалов – составы неустойчивы по химическому составу и структуре. Металлографическим анализом выявлены технологические схемы изготовления кузнечных изделий: свободная ковка и пакетирование, наварка. Историческая форма обращения с материалом – рецептурность. Но изученные образцы свидетельствуют о высоком эмпирическом уровне физико-химических знаний мастеров и умений в обращении с металлами и сплавами. Дошедшие до нас ножи воплощают в себе накопленный столетиями опыт получения и обработки железа и стали. Дальнейшее исследования предполагают расширение и уточнение данных по металлообработке XIII–XV вв.

Список литературы

1. Металлургия железа в истории цивилизации: учеб. пособие / П. И. Черноусов, В. М. Мапельман, О. В. Голубев. М.: МИСиС, 2006. 350 с.
2. Время и металлургия: в 4 кн. / Ю. С. Карабасов, П. И. Черноусов, Н. А. Коротченко, О. В. Голубев. М.: Изд. дом МИСиС, 2009. Кн. 1. 272 с.: ил.
3. *Перевозицков С. Е.* Железообрабатывающее производство населения Камско-Вятского междуречья в эпоху Средневековья (технологический аспект). Ижевск, 2002. 175 с.
4. *Барцева Т. Б., Вознесенская Г. А., Черных Е. Н.* Металл Черняховской культуры. М.: Наука, 1972. 175 с.
5. «Стены и мосты»: междисциплинарные подходы в исторических исследованиях: материалы Междунар. науч. конф., Москва, РГГУ, 13–14 июня 2012 г. / отв. ред. Г. Г. Ершова, Е. А. Долгова. М.: Совпадение, 2012. 343 с.

СЛЮДОВА Анна Александровна – аспирант, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: aa_slyudova@vyatsu.ru

ВЕДЕРНИКОВ Никита Николаевич – студент, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: veter95@inbox.ru

СЕННИКОВА Людмила Александровна – кандидат исторических наук, научный сотрудник Кировского областного краеведческого музея, Кировский областной краеведческий музей. 610000, г. Киров, ул. Спасская, 6.

E-mail: kraevedmuz@mail.ru

ЛИСОВСКАЯ Ольга Борисовна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой материаловедения и основы конструирования, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: ob_lisovskaya@vyatsu.ru