

УДК 669

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ
ПИЛ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ВЫПОЛНЕННЫХ
КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ
ОПЛАВЛЕНИЕМ, А ТАКЖЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СТРУКТУРЫ И
СВОЙСТВ**

Мельниченко О.П., ассистент

Баженов Е.О., ассистент

Ражева К.В., ассистент

Карпухин А.А., студент гр. 20-СП, IV курс

Научный руководитель: Гаврилов Г.Н., д.т.н., профессор
Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е.Алексеева
г. Нижний Новгород

Представлены результаты металлографических исследований сварных соединений ленточных пил китайского производства на предмет определения причин их разрушений при эксплуатации.

Внешний вид исследуемых образцов ленточных пил представлен на рисунках 1 и 2.

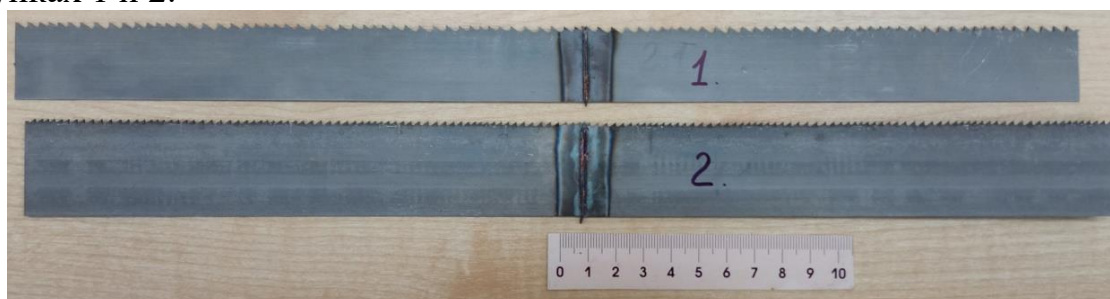
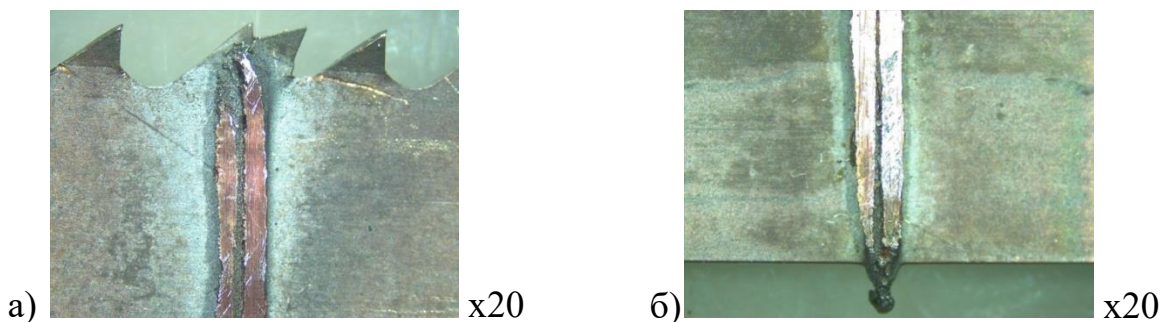


Рисунок 1. Внешний вид исследуемых фрагментов ленточных пил



а) – верхняя часть; б) – нижняя часть.

Рисунок 2. Внешний вид сварных соединений исследуемых фрагментов ленточных пил

Химический состав материала исследуемых образцов определялся рентгенофлуоресцентным анализатором HitachiX-MET 8000.

Таблица 1 – Результаты измерения химического состава материала исследуемого образца

	Место измерения химического состава на исследуемом образце	
	Основной металл	Зуб пилы
Fe, %	90,37	87,08
Cr, %	3,82	3,78
Ti, %	0,13	4,56
Mo,%	1,21	1,62
Mn,%	1,01	0,89
Ni, %	0,75	0,73
V, %	0,40	0,33
Si, %	0,25	0,14
Al, %	0,15	0,40
Pb, %	0,07	0,12
Cu,%	0,05	0,03
P, %	0,02	0,12
Nb,%	0,03	0,03
S, %	0,01	-
W, %	0,01	0,09
Zr, %	-	0,01

Результаты определения химического состава по ширине пилы показывают, что материал режущей кромки отличен от металлической основы пилы.

На рисунке 3 показан внешний вид боковой поверхности зуба пилы.

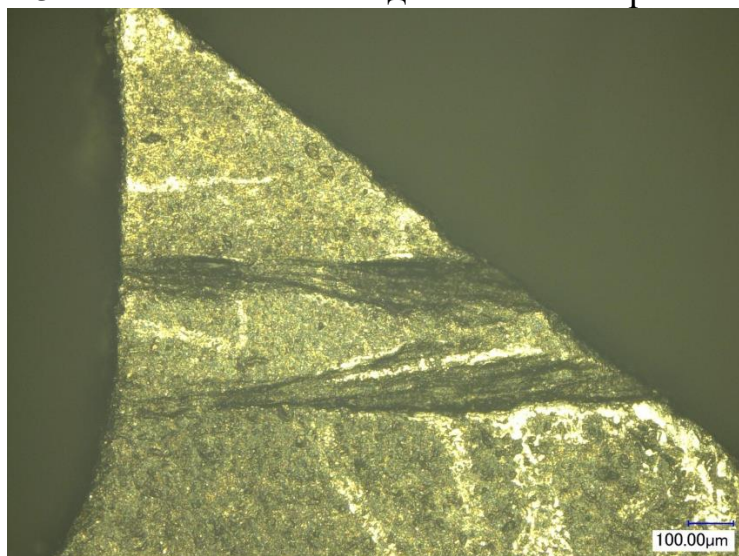


Рисунок 3. Внешний вид боковой поверхности зуба пилы, x200

Согласно рисунку 3, между основным металлом пилы и кончиком зуба наблюдается область, подвергшаяся расплавлению мощным быстродвижущимся источником тепловой энергии с последующей кристаллизацией, на что указывает наличие внешней чешуйчатости этой области, что характерно для сварных швов. Чешуйки повторяют форму изотерм с температурой, равной температуре плавления металла. Чётко выражены хвостовая и головная часть закристаллизовавшейся сварочной ванны. Вытянутая форма хвостовой части сварочной ванны и подрез на границе области расплавления с основным металлом свидетельствуют о высокой скорости сварки. Ширина области расплавления составляет 0,37-0,39 мм.

Результаты измерения твёрдости HRC в различных частях исследуемого образца №2 (согласно рисунку 1), а также схема проведения измерения показаны на рисунке 4.

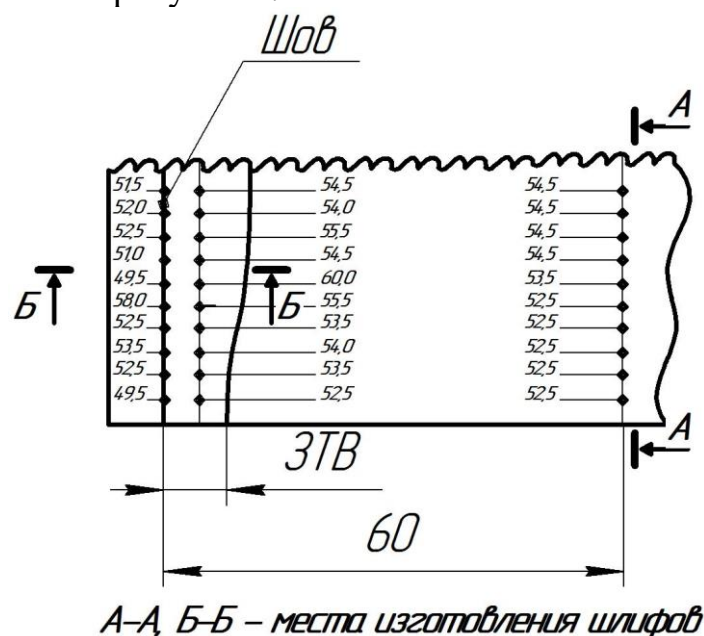


Рисунок 4. Схема измерения твёрдости по ширине образца и её значения (HRC) с указанием мест изготовления шлифов для дальнейшего исследования микроструктуры

Результаты измерения твёрдости показывают, что в основном металле, зоне термического влияния и сварном шве твёрдость по ширине образца меняется незначительно. Твёрдость в зоне термического влияния несколько превышает твёрдость в области сварного шва. Данное явление характерно для сварных швов и, как правило, развивается в результате перекристаллизации при нагреве этой зоны до температуры выше A_{c3} и последующем быстром охлаждении [1].

Металлографические исследования структуры образца проводились на оптическом микроскопе KEYENCE VHX-1000.

Измерение твёрдости исследуемых образцов проводилось на твердомере для микро- и макронагрузок DuraScan – 20 G5 при нагрузке 100 грамм и выдержки при нагружении 15 секунд. Полученные значения твердости были переведены по специальным таблицам в значения твердости по Роквеллу HRC.

Результаты металлографического анализа (шлиф А-А, рис. 4) представлены на рисунках 5-6.

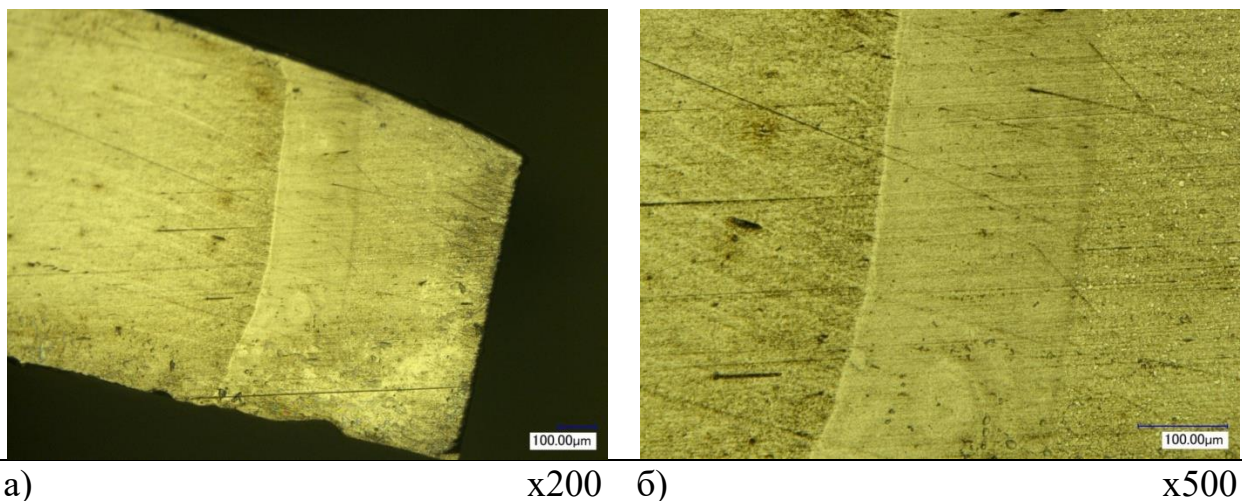
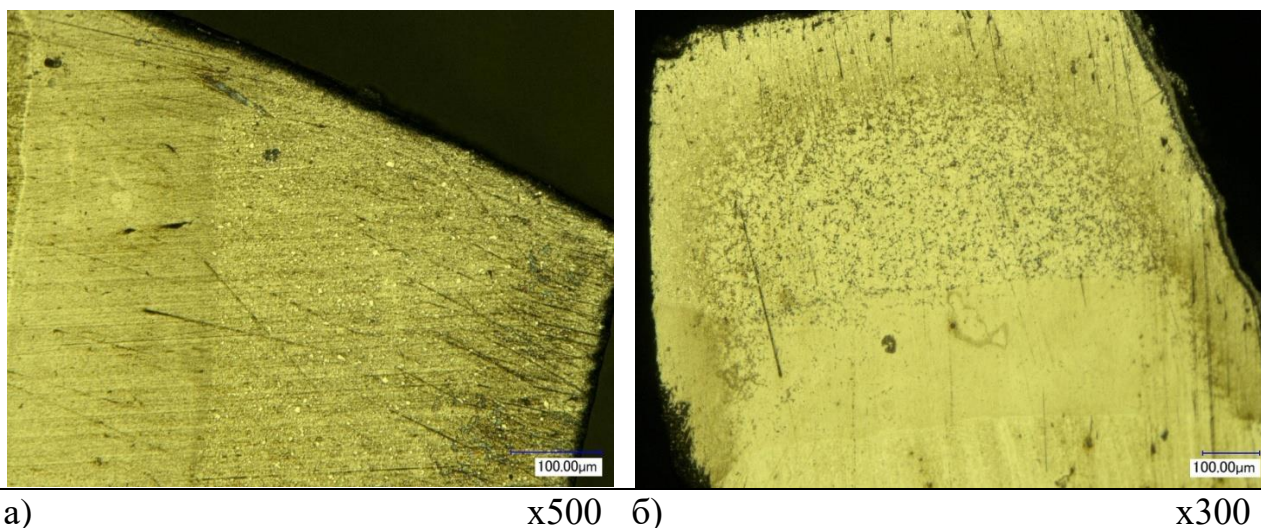


Рисунок 5. Микроструктура переходной зоны между основным металлом пилы и её зубом (шлиф А-А, рис. 4)



а) Исходное состояние; б) После отжига.

Рисунок 6. Микроструктура зуба пилы (шлифа А-А, рис. 4)

Результаты металлографических исследований сечения А-А исследуемого образца (по рис.4) показывают, что структура основного

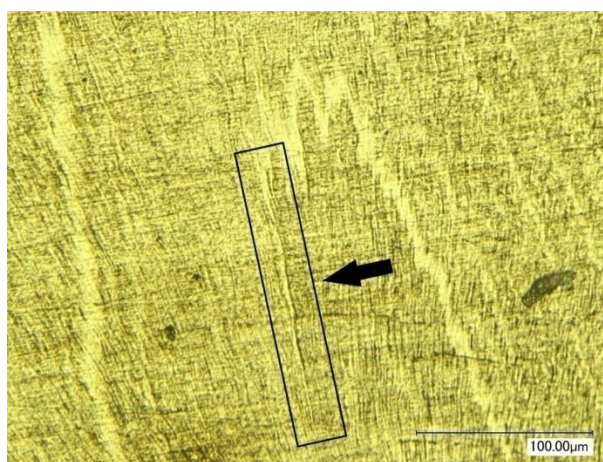
металла характерна для процесса высокотемпературной термомеханической обработки, т.е. образована в результате прокатки.

Микроструктура кончика зуба отлична от микроструктуры основного металла, в ней наблюдается наличие карбидов.

Между кончиком зуба и основным металлом видна переходная зона, её протяжённость составляет 0,24 – 0,25 мм.

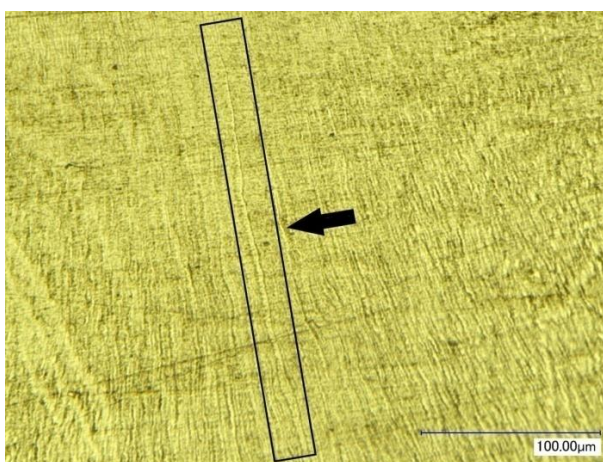
При металлографическом анализе образца после отжига (рисунок 6) видны зоны, отличающиеся по виду микроструктуры: материала кончика зуба, основного материала ленточной пилы и переход между кончиком зуба и основным металлом.

Результаты металлографического анализа (шлиф Б-Б, рис. 4) представлены на рисунке 7.



а)

x1000



б)

x1000

а) – Верхняя часть; б) – Нижняя часть

Рисунок 7. Микроструктура сварного шва (шлиф Б-Б, рис. 4)



Рисунок 8. Результаты измерения твёрдости (HRC) в различных областях сварного соединения.

При анализе микроструктуры образца, показанной на рисунке 7 установлено, что структура сварного соединения исследуемого образца ленточной пилы характерна для соединения, полученного контактной стыковой сваркой оплавлением. Отчётливо видны деформационные линии, сформировавшиеся в результате течения металла при пластической деформации свариваемых кромок.

В верхней и нижней части сварного шва видны дефекты в виде несплошностей по линии течения металла, расположенные вдоль вертикальной ферритной прослойки и возникшие, по видимому, при формировании сварного соединения.

Распределение твёрдости по сечению исследуемого образца согласно литературным данным [2, 3, 4] соответствует случаю сварки металлов, закалённых на высокую твёрдость или умеренно закаливающейся стали. Снижение твёрдости на некотором удалении от сварного шва свидетельствует о том, что нагрев этого места достигал температуры отжига.

Согласно [2], наличие белых нетравящихся полосок феррита – это не только структурный контраст. В них обнаруживаются несплошности по типу микротрещин, микрорасслоений по межфазным границам структурных составляющих. В изломе они фиксируются в виде округлых пятен – «островков» несплавления.

Известно, что течение металла при пластической деформации и особенно при занижении температуры окончания деформации сопровождается образованием большого количества дислокаций. В местах их сосредоточения скапливаются вакансии, служащие зародышами трещин [3].

Проведённые исследования позволили установить следующее:

- 1) Исследуемые образцы представляют собой сварные соединения двух половин ленточной пилы, при этом необходимые режущие свойства достигаются не за счёт термообработки зубьев, а за счёт сварки металла тела пилы с другим металлом, имеющим в своей структуре высокодисперсную карбидную фазу.
- 2) Сварной шов тела ленточной пилы с металлом, имеющим в своём составе карбидную фазу находится в области зуба и не оказывает влияния на процесс контактной стыковой сварки оплавлением двух половин ленточной пилы.
- 3) В микроструктуре сварного шва выявлен дефект в виде трещины, расположенный в середине стыка свариваемых деталей.

Проведённые исследования позволяют определить наиболее значимые факторы, ответственные за разрушение ленточных пил при эксплуатации и наметить пути оптимизации технологии их сварки с целью повышения качества сварных соединений.

Список литературы:

1. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с., ил.
2. Кочергин К.А. Контактная сварка. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение. 1987. – 240 с.: ил.
3. Б.Д. Орлов, Ю.В. Дмитриев, А.А. Чакалев. Технология и оборудование контактной сварки. Учебное пособие для машиностроительных и технических втузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». М., «Машиностроение», 1975. 536 с. с ил.
4. А.А. Фофанов, А.С. Рудаков. Контактная сварка. Справочник. М., «Машиностроение», 1964. 109 с. с ил.