

УДК 669.14.08

Исследование материалов измельчительных комплексов пищевого оборудования

Д-р. техн. наук Вологжанина С.А.
канд. техн. наук Иголкин А.Ф.
Жучков Д.В.
svet_spb@mail.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

Представлены результаты исследований химического состава и свойств материалов измельчительных комплексов. Выявлено несоответствие марок материалов исследованных деталей данным заказчика.

Ключевые слова: микроструктура, твердость, измельчительный комплекс пищевого оборудования.

The study materials grinding systems of food processing equipment

Vologjanina S.A., Igolkin A.F., Juchkov D.V.

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.
Institute of Refrigeration and Biotechnology
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

The results of studies of the chemical composition and properties of materials grinding systems. Noncompliance brands of materials studied details of the customer's data.

Keywords: microstructure, hardness, grinding systems of food processing equipment.

Материалы, из которых изготавливаются детали и рабочие органы оборудования, находятся в контакте с агрессивными пищевыми средами. Эксплуатационные нагрузки при работе машин пищевых производств, а так же непосредственное воздействие продукта, приводят к ускоренному износу деталей и преждевременному исчерпанию их ресурса. Основной причиной выхода из строя измельчительного комплекса для фруктов и овощей является ускоренный износ и выкрашивание режущих кромок ножей. Затраты на ремонт велики, поэтому детали должны быть изготовлены из определенных марок материалов и иметь требуемый комплекс свойств. Важна необходимость выполнения санитарно-гигиенических требований, связанных с охраной здоровья людей.

В данной работе объектом исследования являются определение соответствия марки материала и эксплуатационных свойств детали: кинематическая пара «нож двухсторонний» (У8), насаживаемый на «палец» (30X13); «нож односторонний» (30X13). В скобках указаны марки сталей по данным заказчика. Выполнен химический анализ металла деталей, измерена твердость металла, исследована микроструктура металла. Определение твердости проводилось вблизи поверхности и в центральной части образцов. На детали «нож двухсторонний» измерения вблизи поверхности производились на расстоянии до 0,2 мм от кромки микрошлифа, на детали «нож односторонний» на расстоянии до 0,5 мм. Для детали «палец» исследования проводились дважды, так как на изготовленном микрошлифе «палец (условно «образец»», различаются два участка: светлотравящийся и темнотравящийся. Было принято решение провести исследования с образца, где нет видимых различий участков – «палец (условно «деталь»»). В табл. 1 представлены результаты определения химического состава металла деталей. Состав металла детали «нож двухсторонний» близок к стали марки 55ГС [1], но имеет повышенное содержание углерода; состав металла деталей «нож односторонний» и «палец» соответствует стали марки 40X13 по ГОСТ 5632-72.

Определение твердости выполнялось с помощью микротвердомера по ГОСТ 9450-76 алмазной четырехугольной пирамидкой с квадратным основанием при нагрузке 0,2 кг. Дополнительно значения $HV_{0,2}$ были переведены в значения HRC. Также определение твердости выполнялось методом Роквелла шкала С по ГОСТ 9013-59.

Таблица 1. Химический состав металла деталей

Деталь	Массовая доля элементов, %							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
Нож двухсторонний	0,60	0,70	0,61	0,024	0,030	0,20	0,10	0,15
Требования ГОСТ 1435-74 к стали марки У8	0,76-0,83	0,17-0,33	0,17-0,33	≤0,030	≤0,028	≤0,20	≤0,25	≤0,25
55ГС [1]	0,52-0,60	0,60-0,90	0,50-0,80	≤0,035	≤0,035	≤0,30	≤0,40	-
Нож односторонний	0,39	0,38	0,24	0,020	0,012	12,87	0,24	0,14
Палец	0,43	0,12	0,28	0,024	0,018	13,07	0,30	0,08
Требования ГОСТ 5632-72 к стали марки 40X13	0,36-0,45	≤0,8	≤0,8	≤0,030	≤0,025	12,0-14,0	-	-

Результаты измерений приведены в таблице 2. Можно отметить, что твердость измеренная на различных образцах детали «палец» (условно «деталь» и «образец») значительно различается.

Таблица 2. Твердость материала деталей

Деталь	HV _{0,2} (HRC*)		HRC
	Поверхность	Центр	
Нож двухсторонний	394 (40)	681 (57)	54,0
Нож односторонний	263 (25)		<20
Палец (условно «деталь»)	644 (56)		52,0
Палец (условно «образец»)	220 (19)* – 453 (45)**		<20*-25,0**

Примечание: * - светлотравящийся участок; *** - темнотравящийся участок

На рис. 1 показано, что металл детали «нож двухсторонний» имеет большое количество усадочных дефектов, что характерно для литого материала и подтверждает данные заказчика.

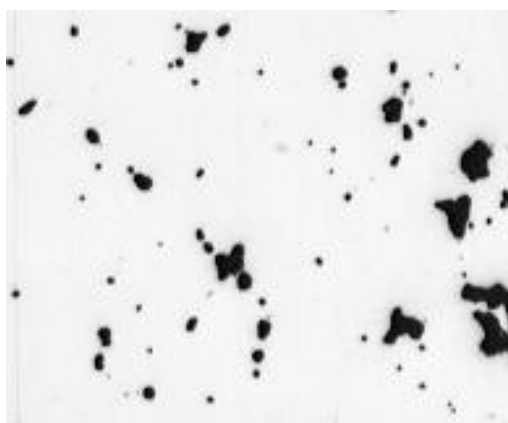


Рис. 1. Усадочные несплошности в металле детали «нож двухсторонний», без травления: фрагмент участка образца

На рис. 2 приведена микроструктура металла деталей после химического травления в реактиве ниталь (4 %-ный раствор азотной кислоты в этиловом спирте) или Марбле (4 г сернокислой меди, 20 мл соляной кислоты, 20 мл воды). Микроструктура металла детали «нож двухсторонний» имеет выраженный дендритный рисунок, характерный для литого материала (рис. 2).

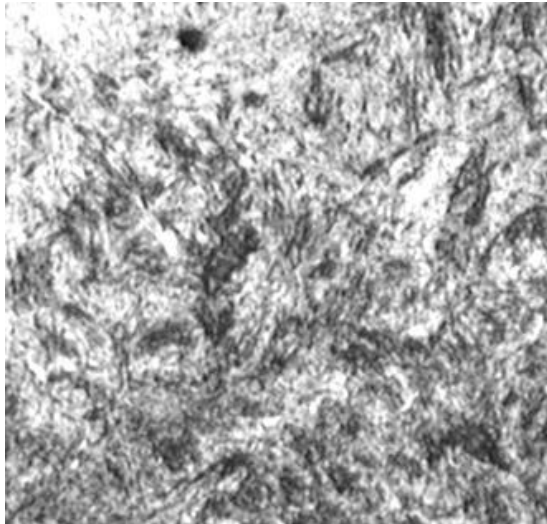


Рис. 2. Микроструктура металла в центральной части детали «нож двухсторонний», после травления в реактиве ниталь, х 1000

Микроструктура металла в центральной части детали, где твердость составляет 57 HRC, представляет собой тростомартенсит (рис. 2). Вблизи поверхности на расстоянии до 0,2 мм от кромки, где твердость более низкая – 40 HRC, металл имеет структуру мартенсита и феррита, расположенного в виде сетки по границам зерен (рис. 3), что, вероятно, связано с обезуглероживанием детали при нагреве во время термической обработки [2].

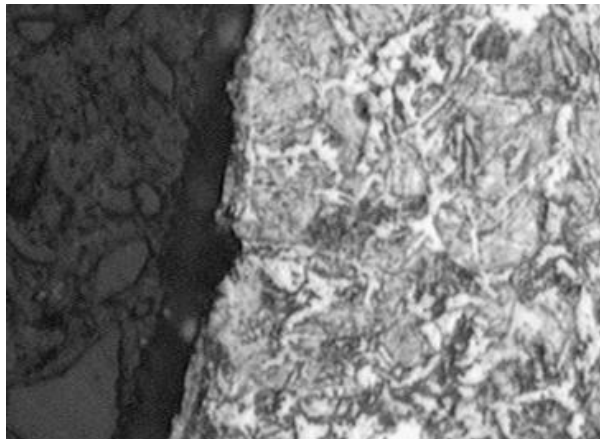


Рис. 3. Микроструктура металла вблизи поверхности детали «нож двухсторонний», после травления в реактиве ниталь, х 1000

Следовательно, режим термической обработки проводился с нарушениями, которые и привели к неоднородности структуры и свойств материала исследуемой детали. В целом, микроструктура и твердость металла детали «нож двухсторонний» типична для стали типа 55ГС в состоянии после закалки (в масло) и среднего отпуска.

Таким образом, химический состав и структура материала детали «нож двухсторонний» не соответствует заявленному. Исследуемая деталь изготовлена из стали

55ГС взамен У8. Однако, такая замена даже полезна в данном случае, так как возможные ударные воздействия при эксплуатации на «нож» не приведут к его хрупкому разрушению, ввиду более высокой ударной вязкости стали 55ГС.

Микроструктура металла детали «нож односторонний» однородная сорбитообразная; в теле зерна расположены мелкие карбиды, более крупные карбиды образуют строчки (рис. 4).

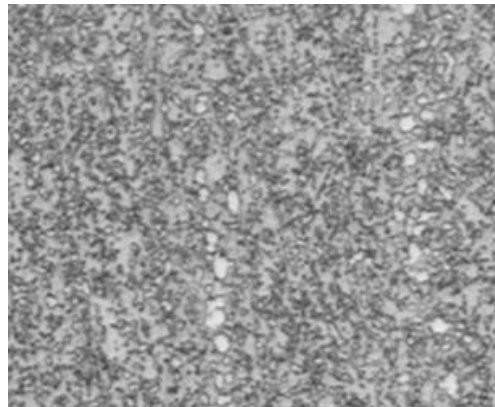


Рис. 4. Микроструктура металла детали «нож односторонний» после травления в реактиве Марбле при различных увеличениях: а) $\times 100$; б) $\times 1000$

Анализ полученных результатов показывает, что микроструктура и твердость металла детали «нож односторонний» типична для стали типа 40X13 в состоянии после закалки (в масле) и высокого отпуска. Следовательно, в данном случае так же наблюдается замена заявленной марки стали 30 X13 на 40X13. Вместе с тем, сталь марки 40X13 обладает необходимым уровнем коррозионной стойкости и обеспечивает требуемые для эксплуатации показатели твердости.

Микроструктура металла детали «палец» различная. Микроструктура исследуемого материала (рис. 5) сорбитообразная с выделениями карбидов по границам зерен и в теле зерна. Твердость металла образца высокая ($644 \text{ HV}_{0,2}$). Подобная микроструктура и твердость типична для стали типа 40X13 в состоянии после закалки (в масле) и среднего отпуска.

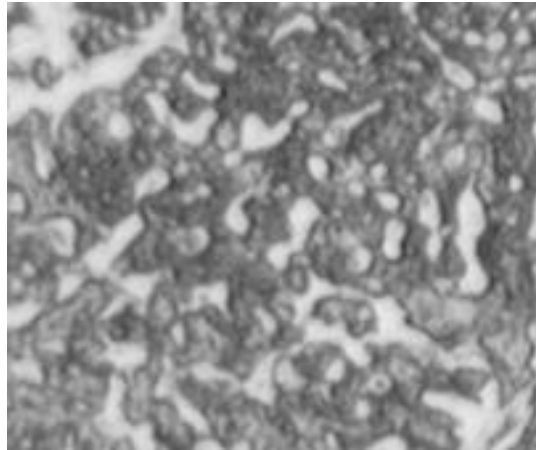


Рис. 5. Микроструктура металла детали «палец» (условно «деталь») после травления в реактиве Марбле, х 1000

На фотографии микроструктуры образца различаются два участка:

- светлотравящийся участок со структурой, состоящей из феррита, карбидов в теле зерна и зон с сорбитообразной структурой (рис. 6); твердость металла на этом участке невысокая ($220 \text{ HV}_{0,2}$);
- темнотравящийся участок с сорбитообразной структурой и карбидами в теле зерна (рис. 7); твердость металла на этом участке высокая ($453 \text{ HV}_{0,2}$).

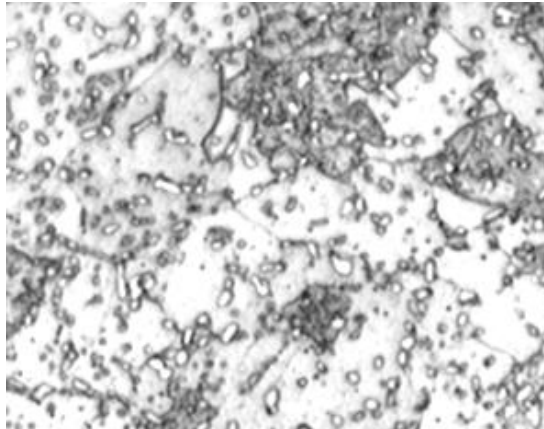


Рис. 6. Микроструктура металла детали «палец» (условно «образец») после травления в реактиве Марбле, х 1000

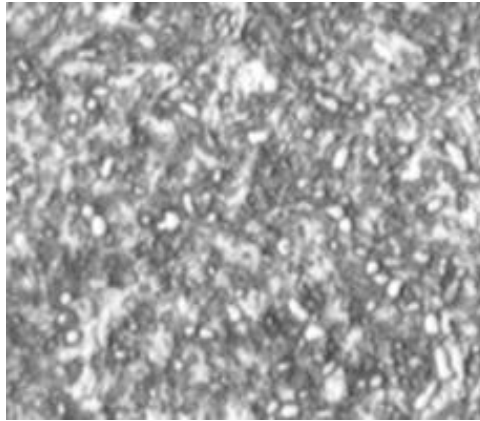


Рис. 7. Микроструктура металла детали «палец» (условно «образец») после травления в реактиве Марбле, х 1000

Подобная микроструктура и твердость типична для стали типа 40Х13 в состоянии после закалки (в масле) и высокого отпуска при условии неполной прокаливаемости заготовки. Анализ полученных данных показывает, что и для последней детали «палец» использована другая марка стали: 40Х13 взамен 30Х13. Как и ранее, следует отметить, что такая замена не окажет существенного влияния на работоспособность измельчительного комплекта.

Выводы

1. На основании проведенных исследований выявлено, что ни одна из исследуемых деталей по химическому составу не соответствует заявленным заказчиком.
2. Для одной из деталей, а именно нож двухсторонний, результаты исследований показали несоответствие марки: 55ГС взамен У8. Такая замена может быть полезна, обеспечивая высокую стойкость к ударным нагрузкам. Однако, термическая обработка проводилась с нарушениями режимов, что привело к возникновению неоднородной микроструктуры и, соответственно, неравномерным по сечению свойствам. Это может привести к преждевременной потере работоспособности указанной детали.
3. Для деталей «палец» и «нож односторонний» обнаружена замена стали 30Х13 на 40Х13, что, впрочем, не приведет к ухудшению надежной работы измельчительного комплекта.
4. Все вышесказанное определяет необходимость входного контроля на предприятиях пищевых отраслей, особенно для деталей, подвергающихся абразивному износу.

Список литературы:

1. Марочник сталей и сплавов /М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. А.С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2001. – 672 с.
2. Вологжанина С.А., Ермаков Б. С., Солнцев Ю. П. Влияние зернограничных сегрегаций примесных атомов на свойства углеродистых сталей промышленного производства // Деформация и разрушение материалов. – № 4, 2006. – с. 6-12.