

УДК 669.017:621.352

ДЕКОРАТИВНОЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ГРАВИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛАТУНИ Л60

С.И. Галанин, Т.А. Юдина

Рассмотрены особенности декоративного электрохимического гравирования поверхности латуни Л60 в водных растворах HNO_3 и FeCl_3 различных концентраций при варьировании условий процесса. Представлены рекомендации по режимам при изменении скоростей процесса и условий формирования разнообразных шероховатостей поверхности.

Введение

При производстве ювелирных украшений и предметов интерьера часто необходимо создание декоративных рисунков на поверхности металла химическим травлением. Эта технология незаменима при обработке сложнопрофилированных поверхностей больших площадей, особенно при изготовлении единичных и мелкосерийных изделий [1–6]. При этом достаточно легко в широких пределах варьируется глубина травления и шероховатость поверхности, возможно формирование различных фактур. Одним из наиболее распространённых металлов является латунь Л60 с приятным золотистым оттенком, который прекрасно сочетается с деревом и другими материалами.

Методика проведения эксперимента

Исследовался процесс химического гравирования поверхности латуни Л60 в водных растворах азотной кислоты HNO_3 30, 50, 70% и хлорида железа FeCl_3 (III) 200, 400, 600 г/л.

Образцы размером $2 \times 2 \times 0,1$ см предварительно механически обрабатывались для удаления окалины, неровностей поверхности, зазубрин. Перед травлением поверхность обезжиривалась и покрывалась защитным лаком, с оставлением незащищённой области воздействия травильного раствора – круга диаметром 6 мм. После высыхания лака образец взвешивался и погружался в раствор.

Травление производилось при температурах 30, 45 и 60°C для растворов HNO_3 и 50, 70, 85°C для растворов FeCl_3 . Различие в диапазоне температур связано с незначительными скоростями травления латуни в холодных растворах хлорида железа. Каждые 3 мин обработки образец извлекался из травильного раствора, промывался, высушивался, взвешивался, фотографировалась подвергнутая травлению поверхность с увеличением $\times 1000$ на микроскопе МЕТАМ 32-ЛВ. Далее образец опять погружался в раствор на 3 мин. Для растворов FeCl_3 временные отрезки для измерений составляли 10, 20, 30, 40 мин. После окончания обработки измерялась величина шероховатости поверхности образцов при помощи интерференционного микроскопа МИИ-4.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Результаты по величине съёма металла в травильных растворах HNO_3 различных концентраций приведены на рис. 1. Анализ приведённых зависимостей позволяет сделать следующие обобщения и выводы.

Во-первых, с увеличением концентрации азотной кислоты и температуры раствора скорость травления возрастает, причём очень значительно.

Во-вторых, отрицательные величины съёма металла при концентрации HNO_3 30% и 45% при невысоких температурах связано, по-видимому, с процессами пассивации поверхности продуктами химических реакций.

В-третьих, отсутствие значений при температуре 60°C в HNO_3 70% после 6 мин обработки связано с формированием сквозного окна в образце.

Во втором случае в качестве реагента используется хлорид железа (III) концентраций 200, 400 и 600 г/л. Результаты по величине съёма металла приведены на рис. 2. Анализ приведённых зависимостей позволяет сделать следующие обобщения.

Во-первых, с увеличением концентрации FeCl_3 в растворе и температуры раствора скорость травления возрастает.

Во-вторых, при увеличении концентрации величина съёма металла увеличивается, но не значительно.

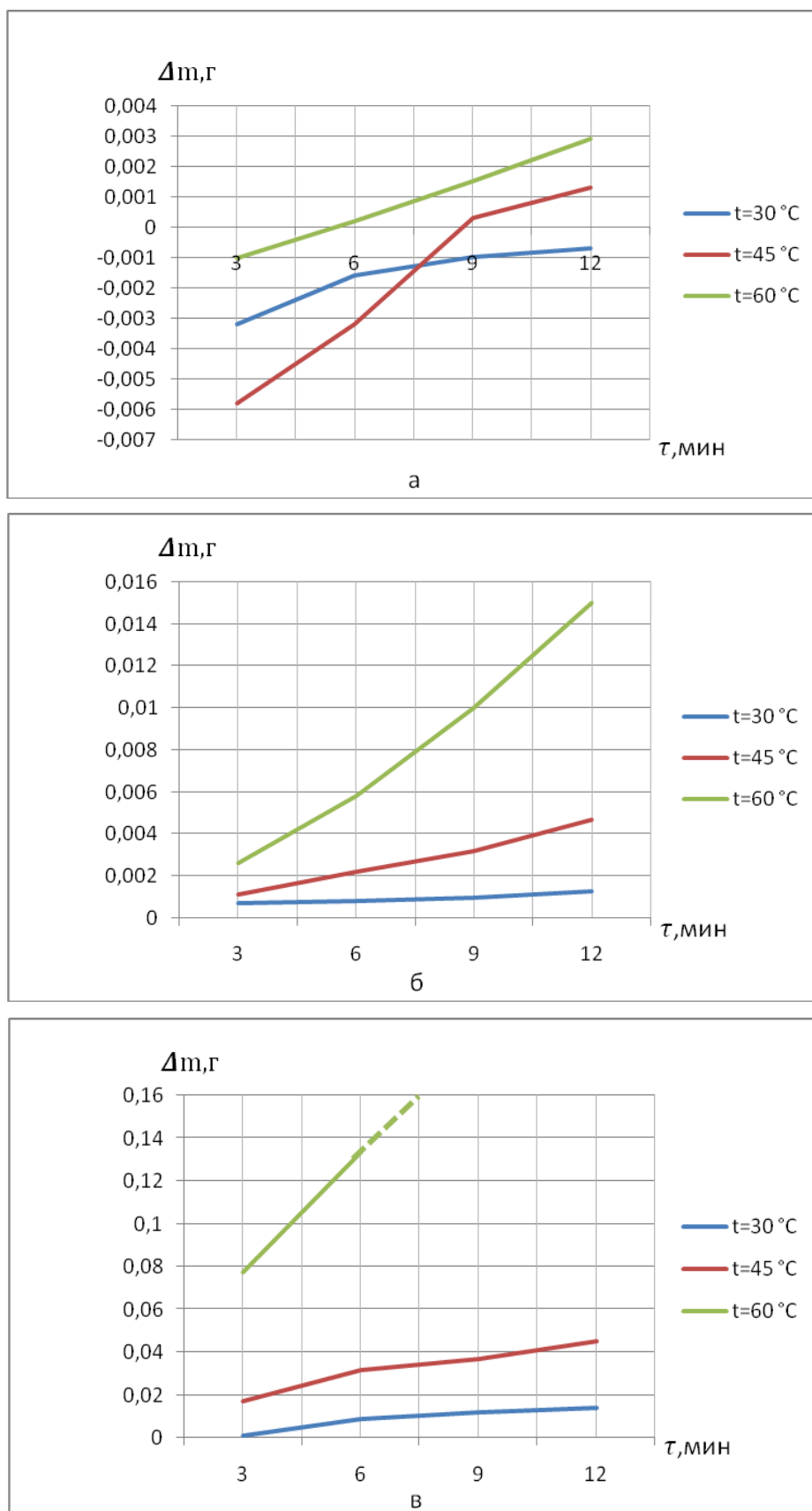


Рис. 1. Съём металла с поверхности образца в зависимости от продолжительности обработки в растворах HNO_3 различной концентрации при варьировании температурой раствора: а – 30%, б – 50%, в – 70%

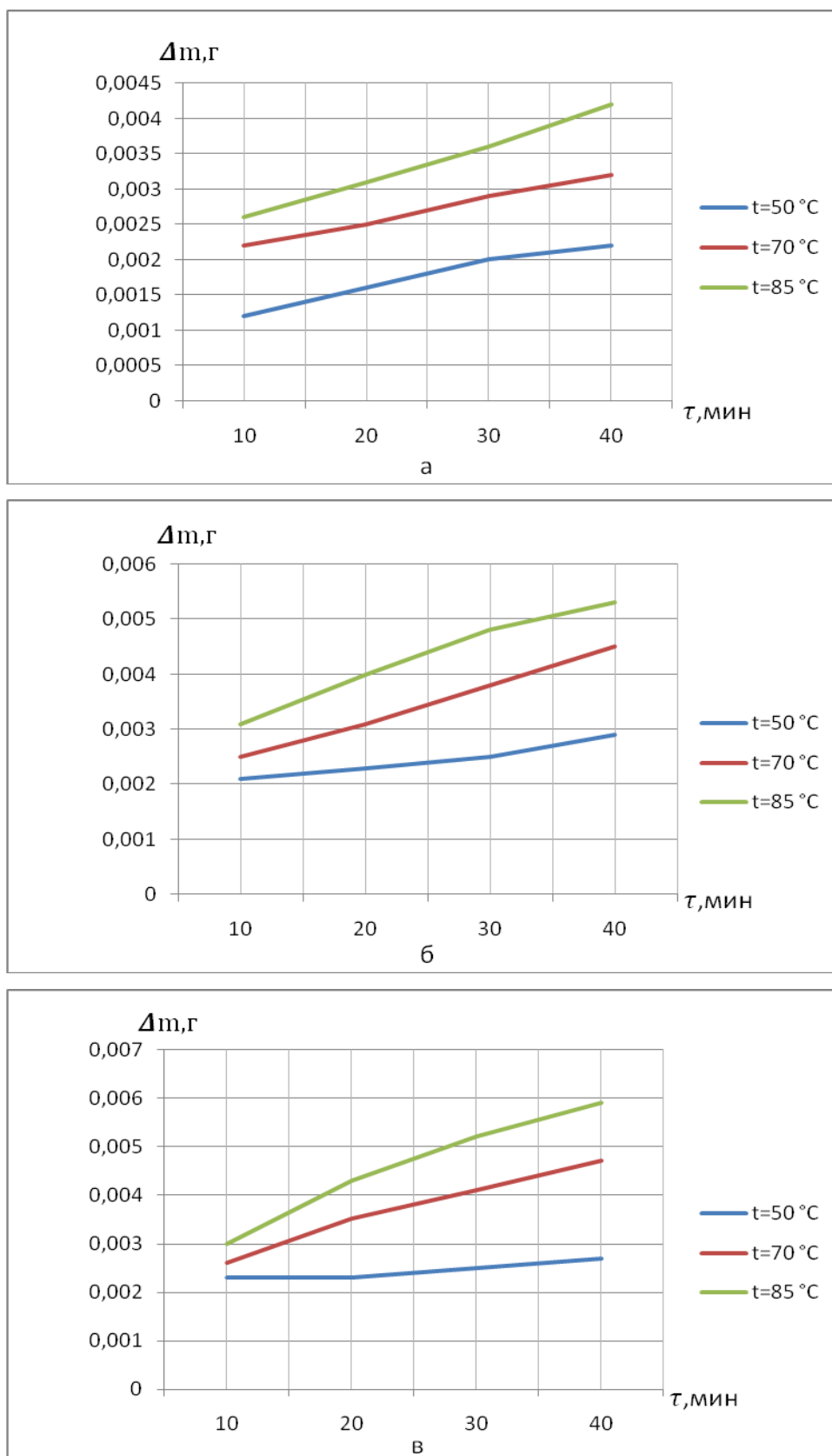


Рис. 2. Съём металла с поверхности образца в зависимости от продолжительности обработки в растворах FeCl_3 различной концентрации при варьировании температурой раствора:
а – 200 г/л, б – 400 г/л, в – 600 г/л

В-третьих, можно утверждать, что скорость травления в растворах азотной кислоты выше, чем в растворах хлорида железа, примерно на один два порядка. При этом растворы хлорида железа требуют подогрева до бóльших температур.

Результаты измерения величины шероховатости поверхности образцов приведены на рис. 3.

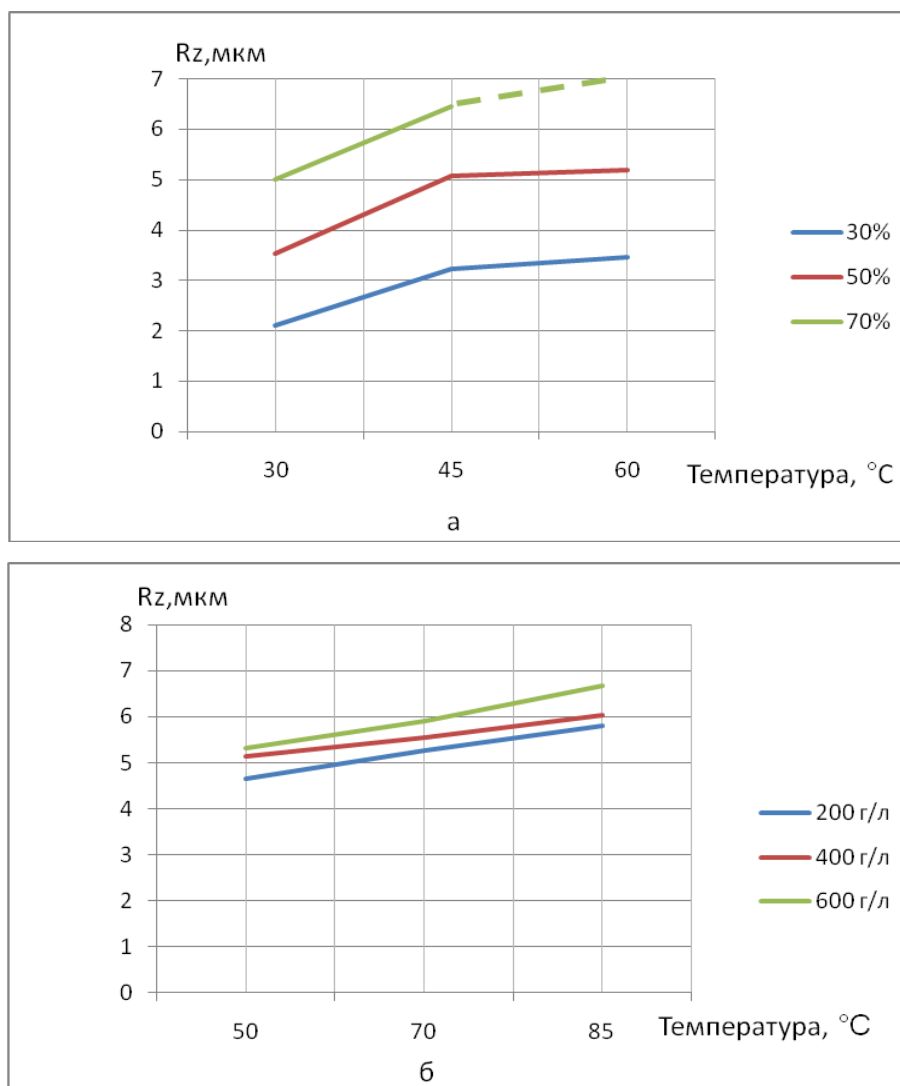


Рис. 3. Зависимость величины шероховатости поверхности от концентрации и температуры травильных растворов: а – HNO_3 , б – FeCl_3

Анализ зависимостей позволяет сделать следующие обобщения.

Во-первых, независимо от состава раствора при увеличении его температуры и концентрации шероховатость возрастает в соответствии с ростом съёма металла.

Во-вторых, в растворе HNO_3 с 30 до 45°C величина шероховатости резко возрастает, при дальнейшем увеличении температуры скорость роста замедляется. В растворе FeCl_3 рост величины шероховатости происходит по линейной зависимости.

Внешний вид обработанных поверхностей при различных режимах, продолжительностях и составов раствора представлен на рис. 4–9.

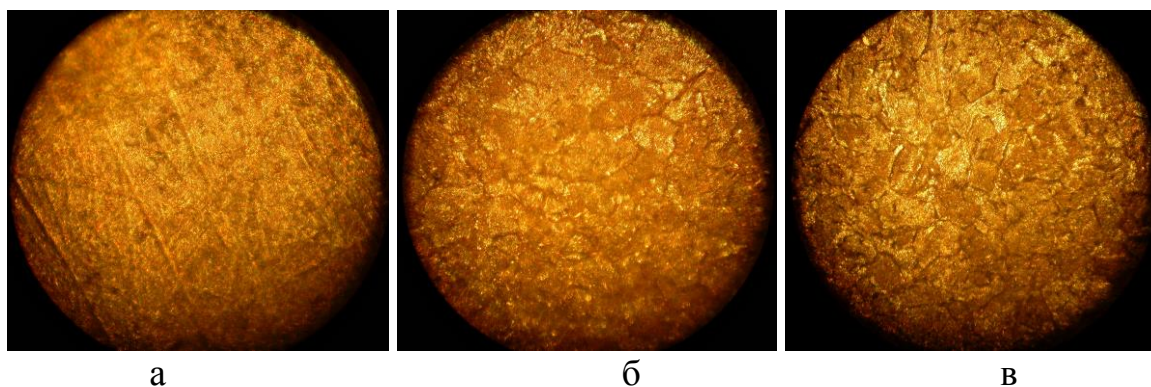


Рис. 4. Фактура поверхности после 12 мин обработки в HNO_3 30% при различной температуре раствора, $^\circ\text{C}$: а – 30, б – 45, в – 60

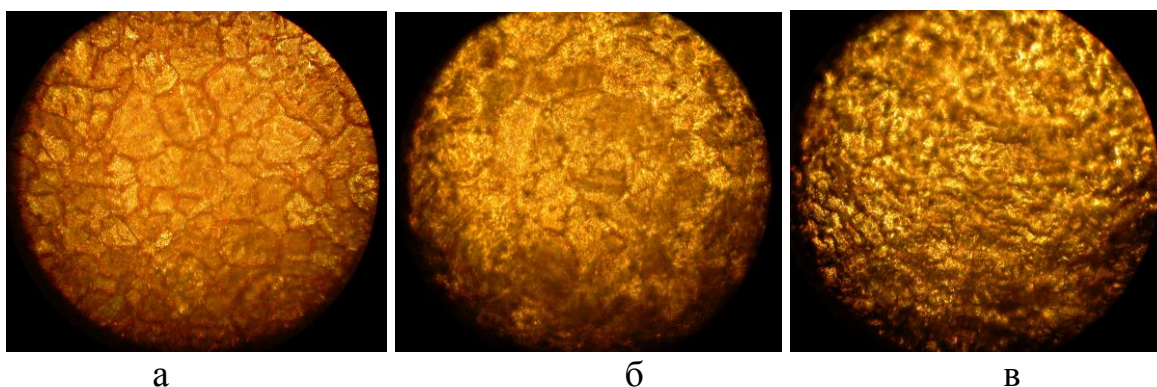


Рис. 5. Фактура поверхности после 12 мин обработки в HNO_3 50% при различной температуре раствора, $^\circ\text{C}$: а – 30, б – 45, в – 60

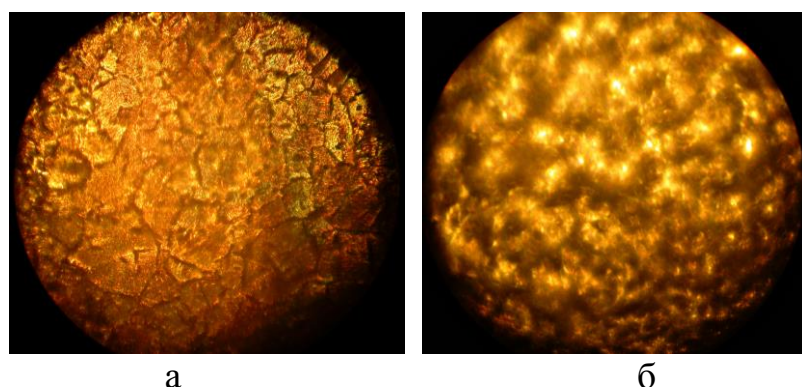


Рис. 6. Фактура поверхности после 12 мин обработки в HNO_3 70% при различной температуре раствора, $^\circ\text{C}$: а – 30, б – 45

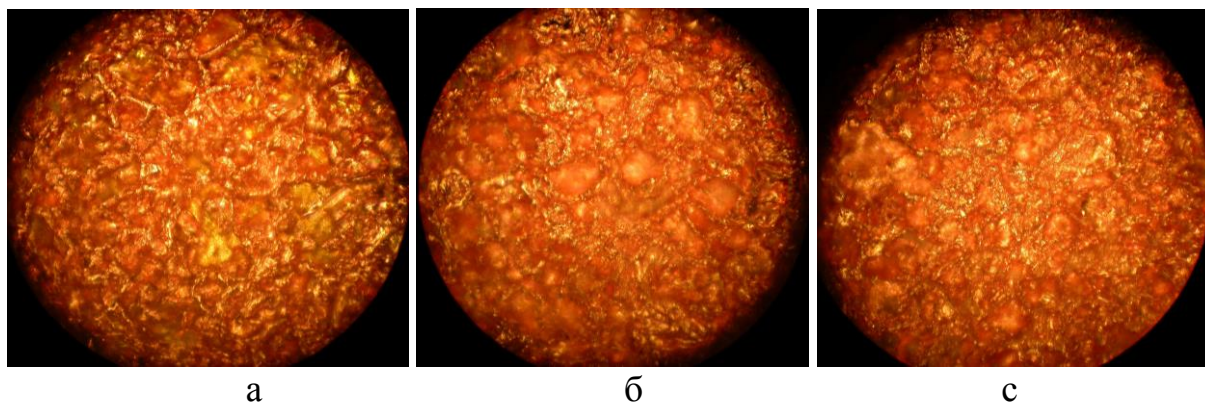


Рис. 7. Фактура поверхности после 40 мин обработки в FeCl_3 200 г/л при различной температуре раствора, °C: а – 50, б – 70, в – 85

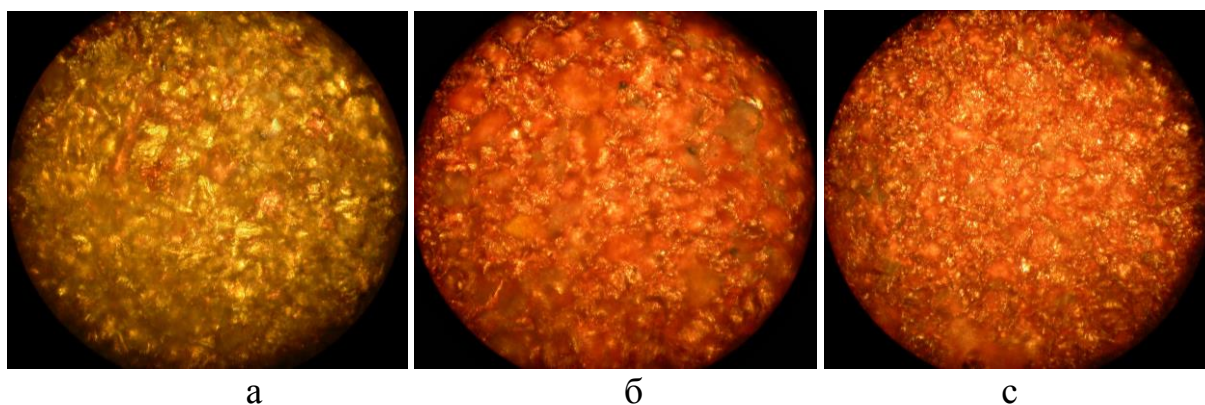


Рис. 8. Фактура поверхности после 40 мин обработки в FeCl_3 400 г/л при различной температуре раствора, °C: а – 50, б – 70, в – 85

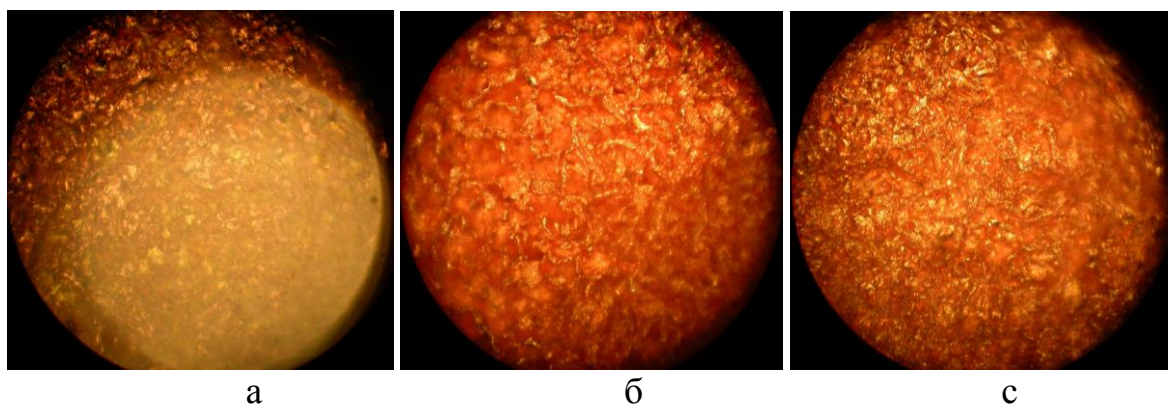


Рис. 9. Фактура поверхности после 40 мин обработки в FeCl_3 600 г/л при различной температуре раствора, °C: а – 50, б – 70, в – 85

Анализ фотографий позволяет сделать ряд обобщений.

Во-первых, скорость травления возрастает с увеличением концентрации кислоты и повышением температуры раствора.

Во-вторых, наблюдается так называемое «структурное травление», когда скорость растворения различна в разных кристаллографических направлениях и по границам зёрен.

В-третьих, с увеличением съёма металла с поверхности, который происходит при увеличении концентрации раствора и при увеличении его температуры, структурное травление постепенно переходит к травлению всей поверхности.

В-четвёртых, шероховатость поверхности связана со съёмом металла: если съём небольшой, то и шероховатость изменяется незначительно.

В-пятых, при медленной скорости травления структурное травление становится менее выраженным, уступая место травлению всей поверхности.

Выводы и рекомендации

1. С увеличением концентрации и температуры растворов скорость травления возрастает, причём очень значительно.

2. Скорость травления в растворах азотной кислоты выше, чем в растворах хлорида железа, примерно на один два порядка. При этом растворы хлорида железа требуют подогрева до больших температур.

3. При значительных скоростях происходит так называемое «структурное травление», когда скорость растворения различна в разных кристаллографических направлениях и по границам зёрен. С увеличением съёма металла с поверхности структурное травление постепенно переходит к травлению всей поверхности. При медленной скорости травления металла структурное травление становится менее выраженным, уступая место травлению всей поверхности.

4. Шероховатость поверхности связана со съёмом металла: если съём небольшой, то и шероховатость не сильно изменяется.

5. Для повышения производительности травления предпочтительно использовать раствор азотной кислоты при повышенных температурах.

6. Для получения слабо фактурированной поверхности необходимы относительно высокие скорости травления при незначительной продолжительности процесса.

7. Для получения сильно фактурированной поверхности возможно использование медленных скоростей травления.

Библиографический список

1. Галанин С.И. Декоративное электрохимическое фактурирование поверхности серебра 925-й пробы / С.И. Галанин, И.С. Висковатый, А.Г. Безденежных // ЭНИ Дизайн. Теория и практика. Вып.19. М : МГУПИ, 2015. – С.73–81. Режим доступа : <http://www.enidtp.ru>.
2. Галанин С.И. Электрохимическое полирование и фактурирование поверхности медных сплавов / С.И. Галанин, С.А. Шорохов, Ю.П. Дубова // ЭНИ Дизайн. Теория и практика. Вып.11. М : МГУПИ, 2012. – С.59–71. Режим доступа : <http://www.enidtp.ru>.
3. Галанин С.И. Декоративная электрохимическая обработка поверхности мельхиора / С.И. Галанин, И.А. Аникин // Сетевой электронный научный журнал «Научный вестник КГТУ», 2012, №2. Режим доступа : <http://vestnic.kstu.edu.ru>.
4. Галанин С.И. Сквозное электрохимическое фрезерование меди / С.И. Галанин, А.О. Смирнов // Сетевой электронный научный журнал «Научный вестник КГТУ», 2012, №2. Режим доступа : <http://vestnic.kstu.edu.ru>.
5. Галанин С.И. Декоративное электрохимическое гравирование сталей / С.И. Галанин, С.А. Шорохов, А.А. Магзелёва // ЭНИ Дизайн. Теория и практика. Вып.12. М : МГУПИ. 2012. С.77–92. Режим доступа : <http://www.enidtp.ru>.
6. Галанин С.И. Дизайн, материалы и технология изготовления современных ювелирно-художественных изделий. Монография / С.И. Галанин, К.Н. Колупаев. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2014. – 183 с.

S.I. Galanin, T.A. Judina