

## YANĞIN HADİSƏSİ YERİNDƏN GÖTÜRÜLMÜŞ MİS VƏ ALÜMİNİUM NAQILLƏR ÜZƏRİNDƏKİ ƏRİNTİLƏRİN MİKROSTRUKTURUNA

**Açar sözlər:** yanğın, elektrik naqilləri, qısaqapanma, ilkin qısaqapanma, törəmə qısaqapanma, metalloqrafik analiz, mikroşlif, ərintinin mikrostruktur, dendrit, evtektika.

**Key words:** fire, electrical wiring, short circuit, primary short circuit, secondary short circuit, metallographic analysis, microslift, alloy microstructure, dendrite, eutectic.

**Anahtar kelimələr:** yanğın, elektrik kabloları, kısa devre, birincil kısa devre, ikincil kısa devre, metalografik analiz, mikro kayma, alaşım mikro yapısı, dendrit, ötektik.

Müasir yüksək texnologiyalar əsrində inşaat materialları bazarında çox geniş çeşiddə yeni yanar materialların yaranması və binaların təmir-tikinti işlərində istifadə olunması, tikilən bina və qurğuların mərtəbə sayının (hündürlüyünün), ərazi üzrə tikililərin sıxlıq əmsalının sürətlə artması baş verən yanğınların söndürülməsini daha da çətinləşdirir. Buna görə də yanğın hadisələrinin baş vermə səbəblərinin dəqiq müəyyən edilməsi və qabaqlayıcı tədbirlərin görülməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Statistik məlumatlar göstərir ki, hər dörd yanğın hadisəsindən biri (25%) elektrik qurğularının nasazlığı və ya istismar qaydalarının pozulması nəticəsində baş verir. Bu kateqoriyadan olan yanğınların təqribən 70%-i isə elektrik qurğularının elementlərində baş verən qısaqapanmalardan (QQ) törəyir. Yanğının elektrotexniki səbəbdən baş verməsini təsdiq və ya təkzib etmək üçün hadisə yerinə baxış keçirən istintaq orqanı tərəfindən yanğından sonrakı qalıqlar arasında maddi sübutlar (elektrik yuvaları, naqillər və ya elektrik cihazlarının ərimiş cərəyandaşıyıcı hissələrini) aşkar edildikdə, nümunələrin götürülmə yeri və mövcud şərait təsbit edilərək qablaşdırılır (bu işdə baxışda iştirak edən ekspert lazımi metodiki köməkliyi göstərir) və elektrik keçiricilərinin üzərindəki ərinti zonasının tədqiq olunması üçün ekspertizaya təqdim edilir.

Hadisə yerindən maddi sübut qismində

götürülmüş metal naqillərin (elektrik keçiricilərinin) üzərindəki ərinti zonasının tədqiqatı zamanı əsasən iki məsələ həll edilir:

1) Naqilin üzərindəki ərinti izlərinin qısaqapanma nəticəsində, yoxsa yanğının termiki təsirindən yaranmasının müəyyən edilməsi;

2) Əgər ərimə izləri qısaqapanma nəticəsində yaranmışdırsa, onun yaranma vaxtının (yəni yanğın hadisəsi başlamazdan öncə, ya sonra yaranmasının) müəyyən edilməsi.

Birinci sual üzrə aparılan tədqiqatlar zamanı, bir qayda olaraq, mübahisə doğuran məqamlar yaranmır. Bu istiqamətdə aparılmış tədqiqatlar kifayət qədərdir və metodikalarında ərimə izlərinin xarakterini müəyyən edən əlamətlərin tam kompleksi verilmişdir.

Hadisə yerindən götürülmüş mis və alüminium naqillərin üzərində mövcud olan qısa qapanma izlərinin “ilkin”, yoxsa “törəmə” qısaqapanmaya aid olması məsələsində isə hələ də öz həllini tapmamış və əlavə yanaşmalar tələb edən məqamlar mövcuddur. Bir sıra hallarda yanğın-texniki tədqiqatın nəticələri ilə elektrotexniki tədqiqatların nəticələri bir-birini tamamlamır. Məsələn, elektrotexniki tədqiqatın nəticələrinə görə üzərindəki ərimə izlərinin “ilkin” qısaqapanmadan yaranması müəyyən edilmiş elektrik qurğusunun (naqilin) aşkar edildiyi sahə yanğının ekspert tərəfindən müəyyən edilmiş mənbə zonası ilə üst-üstə düşmür. Belə ziddiyyətli hallar yanğınların

səbəbi ilə bağlı ekspertin gəldiyi nəticələrin mötəbərlik dərəcəsini azaldır.

Bu baxımdan elektrotexniki tədqiqatlar zamanı mis və alüminium naqillərin üzərində olan ərimə izlərinin metalloqrafik analizi daha dolğun və əsaslı nəticələr verir. Ərinti izlərini, “ilkin” (yanğından əvvəl) və ya “törəmə” (yanğın baş verdikdən sonra) qısaqapanmadan yaranmasından asılı olaraq, fərqləndirən əsas kriteriyalar metodikalarda verilmişdir.

Mis və alüminium naqillərin üzərində aşkar edilmiş ərintilərin mikrostruktur tədqiqatının nəticələri qısaqapanmanın yaranma vaxtını (yanğından əvvəl, yaxud sonra baş verməsini) dəqiq müəyyən etməyə imkan verir.

Mis və alüminium naqillərin üzərində aşkar edilmiş ərinti izlərinin yaranma anına görə aşağıdakı əlamətlər müşahidə edilir:

Vizual müşahidə olunan əsas əlamətlər:

“İlkin” qısaqapanma - ərinti zonası naqilin oxu boyunca dartılmış, lokal xarakterlidir; ərinti damllarının səthi hamardır, qaz məsamələri və yuvalar (çökəkliklər) yoxdur; izolyasiya qatının iç səthi daha çox kömürləşmişdir.

“Törəmə” qısaqapanma - naqilin oxu boyunca şarabənzər axıntılar müşahidə edilə bilər, ərintinin səthində qaz məsamələri və yuvaları müşahidə edilir.

Ərimə yerinin metalloqrafik analizi:

“İlkin” qısaqapanma halında – tez kristallaşma strukturu, yəni sütunvari dendritlər müşahidə olunur.

Həmçinin, mis üçün:

a) dendrit sərhədləri üzrə Cu-Cu<sub>2</sub>O evtektikası müşahidə olunur;

b) misin strukturu bütövlükdə Cu-Cu<sub>2</sub>O evtektikasından ibarətdir;

c) misin strukturu bütövlükdə Cu<sub>2</sub>O mis oksidinin ilkin kristalları da daxil olmaqla, Cu- Cu<sub>2</sub>O evtektikasından ibarətdir.

“Törəmə” qısaqapanma - bərabəroxlu tökmə struktur müşahidə edilir. Mis naqillər üçün bərabəroxlu tökmə dənəciklər üzərində Cu- Cu<sub>2</sub>O evtektikası müşahidə edilə bilər.

Mis və alüminium naqillərin üzərindəki ərinti izlərinin metalloqrafik tədqiqatının mahiyyəti onların ərimiş vəziyyətdə oksigeni həll etmək

və müəyyən temperatur şəraitində metalın strukturunda dənəciklərin xüsusi şəkildə qarşılıqlı yerləşməsini təşkil etmək xüsusiyyətlərinin müəyyən edilməsindən ibarətdir. Qısaqapanma vaxtını (anını) xarakterizə edən fərqləndirici əlamətlərə mikrostrukturda oksigenin nisbi faiz tərkibi (strukturda mis oksid və mis bir oksid (CuO, Cu<sub>2</sub>O) şəklində əmələ gələn, aşınma zamanı qara rəngə boyanan), həmçinin mis dənəciklərinin forması və qarşılıqlı yerləşmə vəziyyəti aiddir.

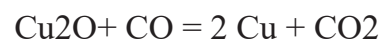
“İlkin” qısaqapanma zamanı naqilin oxu boyunca temperaturun dəyişməsini (aşağı düşməsini) əks etdirən vertikal vektor (qradiyent) yaranır. Mis naqilin ərimə nöqtəsində temperatur 1083 °C və yuxarı olur. Bu halda üz qabığının səthində



reaksiyası üzrə intensiv olaraq mis oksidi əmələ gəlir.

Ərimə nöqtəsindən uzaqlaşdıqca qısaqapanma qövsünün temperatur təsiri zəifləyir və səthdə mis oksidinin həcmi azalır. Ərimə nöqtəsindən 25-30 mm məsafədə üz qabığında mis oksidinin miqdarı ilkin naqildə olan səviyyəyə düşür. Bununla belə, ərintiyə bitişik sahənin üz səthində Cu<sub>2</sub>O tərkibi yüksək olaraq qalır, baxmayaraq ki, bu sahə qısaqapanma qövsünün birbaşa təsirinə məruz qalmamışdır.

“Törəmə” qısaqapanma zamanı real yanğın şəraitində tüstü ilə dolu atmosferdə üzvi maddələrin tam yanmamış məhsulları olur. Bu halda qısaqapanma zamanı ərimə yerində mis oksidinin



reaksiyası üzrə bərpası baş verir.

Əgər qısaqapanmadan əvvəl cüzi tüstülənmə şəraitində naqilin intensiv qızması

baş vermişdirsə, onda naqilin səthində oksidləşmə təbəqəsi yaranır. İkinci qısaqapanma yalnız ərimə yerinin səthində və bitişik sahələrdə oksidləşmə fazalarının bərpasına gətirib çıxardığına görə, həmin hissələrdə səthi oksidləşmə fazalarının tərkibi, nisbətən uzaq hissələrlə müqayisədə zəif olacaq.

Metal keçiricilərin ərinti yerlərinin mikrostrukturunun tədqiq olunması üçün ilk

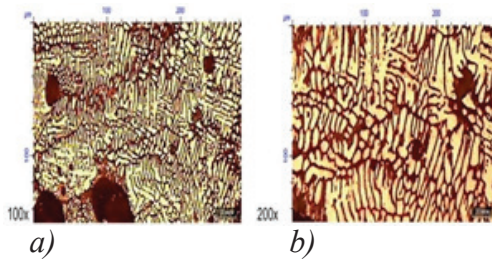
növbədə, mikroşlifin hazırlanması zəruridir.

Mikrostrukturun aşkar edilməsi üçün şlif xüsusi hazırlanmış aşındırıcı məhlulda kimyəvi aşınmaya məruz qalır (mis keçiricilərin səthinin aşınması üçün məhlul aşağıdakı tərkibə malikdir: xlorlu dəmir ( $\text{FeCl}_3$ ) - 19 q., hidroxlor turşusu ( $\text{HCl}$ ) - 6 ml, distillə edilmiş su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) - 100 ml). Hazırlanmış aşındırıcı məhlul pambıq çubuq və ya pambıq disk vasitəsilə şlifin səthinə çəkilir.

Sonra şlifin səthi spirtlə neytrallaşdırılır və səthi üzərində korroziya məhsullarının yaranmaması üçün quru pambıq və ya kağız salftlə silinir.

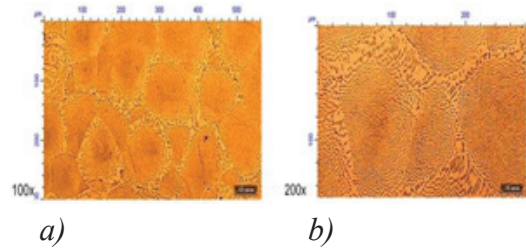
Şlifin mikrostruktur METAM PB 21-1, MİM-7, MMP-8, “Neophot”, “Carl-Zeiss” metalloqrafik mikroskopun köməyi ilə 100x-400x dəfə böyüdülməklə ağ və polyar işıqda öyrənilir.

Şlifin mikrostrukturunun fotosurəti rəqəmsal fotoaparattan istifadə etməklə götürülə və ya xüsusi proqram təminatı vasitəsilə kompüterin monitoruna ötürülə bilər. Misdə oksigenin miqdarının təyini mikrostruktur etalonlarının köməyi ilə həyata keçirilir. Müxtəlif tip nümunəvi mikrostrukturların görünüşü şəkil 1, 2, 3-də verilmişdir. Yanğın yerindən götürülmüş mis naqilin ərintisinin mikrostrukturunu şəkil 5-də verilmişdir.



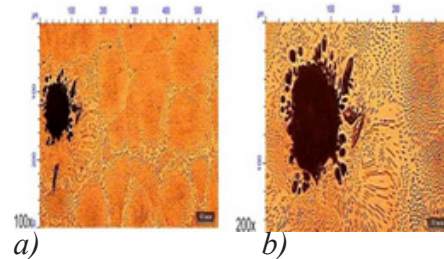
Şəkil 1. Mis keçirici naqilin ərintisinin mikrostrukturunu. Birinci tip (ərinti sahəsində oksigen 0,05%-dən 0,39%-ə qədər təşkil edir).

Bu tip üzrə ərinti zonasının tərkibində 0,05%-dən 0,39%-ə qədər oksigen vardır, ərintinin əsasını Cu-Cu<sub>2</sub>O evtektik sahələri olan mis (Cu) təşkil edir. Şəkildə parlaq əsaslı sahələr – mis (Cu); nöqtələr şəklində olan tünd sahələr – mis və mis oksidin evtektik qarışığıdır.



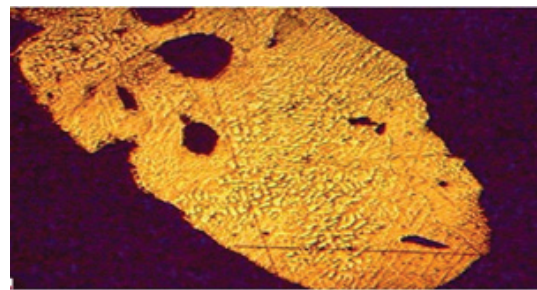
Şəkil 2. Mis keçirici naqilin ərintisinin mikrostrukturunu. İkinci tip.

Şəkil 2-dən aydın görünür ki, ərinti sahəsinin tərkibində 0,39% oksigen var. Bu halda ərinti bütünlükdə Cu-Cu<sub>2</sub>O evtektikasından ibarətdir. Ərintinin əsasını bütün həcmi üzrə mis mis-oksidi evtektikası paylanmış (yayılmış) mis (Cu) təşkil edir.



Şəkil 3. Mis keçirici naqilin ərintisinin mikrostrukturunu. Üçüncü tip.

Şəkil 3-də görünür ki, ərinti sahəsində 0,39%-dən çox oksigen var -Cu-Cu<sub>2</sub>O evtektikasından başqa, ərintidə mis oksidin (Cu<sub>2</sub>O) kristalları əmələ gəlir. Ərintinin əsasını bütün həcmi üzrə mis - mis oksidi evtektikası paylanmış (yayılmış) mis (Cu) təşkil edir.



Şəkil 4. Mis keçirici naqilin ərintisinin mikrostrukturunu.

Şəkil 4-də mis keçirici naqilin qısaqapanmadan sonra yanğının termiki təsirinə məruz qalmış ərintisinin mikro strukturunu təsvir edilmişdir. Göründüyü kimi, ərintinin əsasını cüzi evtektika sahələri olan mis təşkil edir. Açıq əsaslı sahə mis; nöqtələr şəklində olan tünd sahələr mis və mis oksidin evtektik qarışığıdır. Oksigen miqdarı 0,08%-dir. Termiki təsirə məruz

qaldıqdan (qızdıqdan) sonra mis dənəcikləri dendrit quruluşunu saxlamışdır. Mis oksid hissəciklərinin yenidən paylanması mikrostrukturun görünüşünün dəyişməsinə gətirib çıxarmışdır. Məsələlər mövcuddur. Ərinti, dendrit quruluşlu mis dənəciklərin mövcud olduğu ərimə zonası və tökmə mis arasında aydın bir sərhədə malikdir.

Buradan belə nəticəyə gəlmək olar ki, ilkin (yanğından əvvəl yaranmış) qısaqapanmadan sonra yüksək temperatur tavlanaşına (metalın müəyyən temperatūra qədər qızdırıl)ması, müəyyən müddət ərzində həmin temperatur zonasında qalması və tədricən otaq temperaturuna qədər soyumasından ibarət termiki emal növü) məruz qalan ərintinin mikrostrukturunu üçün xarakterik əlamətlər mövcuddur.

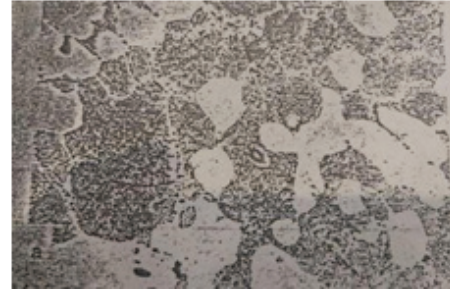
İlkin qısaqapanma halında ərinti zonasında ikifazlı struktur – evtektik ərinti Cu + (Cu-Cu<sub>2</sub>O) müşahidə olunur. Qısaqapanma prosesinin davam etmə müddətindən asılı olaraq, üç xarakterik mikrostruktur müşahidə oluna bilər:

a) ərintinin tərkibində 0,05%-dən 0,39%-ə qədər oksigen O<sub>2</sub> vardır (şəkil 5).

Evtektikayaqədərki (0,39%O<sub>2</sub>) ərintidə oksigenin kütlə payını “Oksigenin kütlə payının müəyyən edilməsi üsulları”. DÜST 13938.13-77-yə uyğun olaraq və ya

$$x = \frac{0,39 F}{100}$$
 düsturu əsasında hesablama yolu ilə müəyyən etmək olar.

Burada x - ərintidə oksigenin kütlə payı; F - mikroşlifin görüntü zonasının evtektika ilə tutulmuş sahəsi.



Şəkil 5. Mis ərintinin mikrostrukturunu 0.05% və 0.27% O<sub>2</sub>

b) ərintinin tərkibində 0,39% O<sub>2</sub> vardır (şəkil 6). Bu halda struktur bütövlükdə Cu-Cu<sub>2</sub>O evtektikasından ibarətdir.

c) ərimiş misin tərkibinə 0.39%-dən çox O<sub>2</sub> qarışmışdır (şəkil 7).



Şəkil 6 və 7. Mis ərintinin mikrostrukturunu 0.39% O<sub>2</sub>. Mis ərintinin mikrostrukturunu O<sub>2</sub> - 0.39%-dən çox.

Dendrit struktur ilkin qısaqapanmanı xarakterizə edən əsas və dəyişməyən fərqləndirici əlamətdir. Bu əlamət sonrakı yüksək (1000 0C-yə qədər) temperatur tavlanaşında da saxlanılır. İlkin qısaqapanmanın baş verdiyi mühitdə (atmosfera) bərpaedici qazlar olmadığı hallarda ərintidə qaz yuva və boşluqları yaranmır

## Ədəbiyyat siyahısı:

1. Митричев Л.С., Колмаков А.И., Степанов Б.В. и др. «Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия». Методические рекомендации. М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. - 40 с.
2. Российская Е.Р. «Рентгеноструктурный анализ в криминалистике и судебной экспертизе». Киев УМОК ВО 1992.
3. Граненков Н.М., Зернов С.И., Колмаков А.И. и др. «Экспертное исследование металлических изделий (по делам о пожарах)». Учебное пособие. М.: ЭКЦ МВД РФ, 1994, 140 с.
4. Смелков Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. «Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах» М.: Стройиздат, 1980, 58 с.
5. Россинская Е.Р., Степанов Б.В., Сандлер В.С. и др «Влияние нагрева электрическим током и внешнего нагрева на структуру алюминиевого провода»// Металловедение и термическая обработка металлов. 1990, № 8, с. 61-63.
6. Чешко И.Д. «Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования)» СПб., СПб ИПБ МВД России, 1997, 560 с.
7. Чешко И.Д. «Технические основы расследования пожаров: Методическое пособие», М.: ВНИИПО, 2002.
8. Смелков Г.И. «Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах», М.: Энергоатомиздат, 1984, 184 с.
9. Мегорский Б.В. «Методика установления причин пожаров», М.: Стройиздат, 1966, 347 с.
10. Веревкин В.Н., Смелков Г.И. «Безопасность электрических контактных соединений»// Промышленная энергетика, 1988, № 4.
11. Лебедев К.Б., Чешко И.Д. «Следы больших переходных сопротивлений в электротехнических устройствах и их экспертное исследование»// Пожаровзрывобезопасность. 2003, №6, с. 32-38.
12. Чешко И.Д., Юн Н.В., Плотников В.Г. и др. «Осмотр места пожара» Методическое пособие / М.: ВНИИПО, 2004, 503 с.
14. Маковкин А.В., Кабанов В.Н. «Изучение состояния электрооборудования при осмотре места пожара». Учебное пособие. М.: ВНИИПО, 1988, 48 с.
15. Мокряк А.Ю., Варьянович З.И., Чешко И.Д., Соколова А.Н. «Металлографический и морфологический атлас микроструктур объектов, изымаемых с мест пожаров» М.: ВНИИПО, 2008, 184 с.

# **DETERMINATION OF THE CAUSAL RELATIONSHIP OF THE ELECTROTECH- NICAL ACCIDENT WITH THE FIRE EVENT MAINLY ON THE MICROSTRUCTURE OF THE ALLOYS ON THE COPPER AND ALUMINUM WIRES REMOVED FROM THE FIRE INCIDENT**

**ADIL AGALAROV**

*Forensic Center Expert of the Department of  
engineering and technical expertise,  
Ph.D. in technical sciences*

## **SUMMARY**

In cases where, during the inspection of the scene of the fire, it is determined that traces of alloy on the electrical wires, which were found in the source zone of the fire and taken as material evidence, are characteristic of a short circuit, it is necessary to have scientific grounds for confirmation or refutation of the causal relationship of the fire. The article provides the main criteria for distinguishing the microstructure of metal alloys, depending on whether they arise from a “primary” (before a fire) or “derivative” (after a fire) short circuit. Metallographic research based on the principle of determining the relative percentage of oxygen in the structure of the metal and the state (characteristics) of the mutual location of the grains in a special form makes it possible to detect distinctive signs characterizing the short-circuit time (moment) of the alloy zones of copper and aluminum wires.

## **ELEKTROTEKNİK KAZANIN YANGIN OLAYI İLE ESAS OLARAK YANGIN OLAYINDAN ÇIKARILAN BAKIR VE ALÜMİNYUM TELLERİN ÜZERİNDEKİ ALAŞIMLARIN MİKRO YAPISI ÜZERİNDE NEDENSEL İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ**

**ADİL AGALAROV**

*Adli Uzmanlık Merkezi Mühendislik ve  
teknik uzmanlık bölümü uzmanı, teknik bilimlerde doktora*

## **ÖZET**

Yangının kaynak bölgesinde tespit edilen elektrik telleri üzerinde alaşım izlerinin tespit edildiği durumlarda, yangın olayı ile elektrik kazası arasındaki nedensellik ilişkisinin doğrulanması veya reddedilmesi için bilimsel dayanakların bulunması gerekmektedir. Yangın mahallinde yapılan inceleme sırasında maddi delil olarak alınan ve kısa devre oluşumunun karakteristik özelliğidir.

Makale, “birincil” (yangından önce) veya “ikincil” (yangından sonra) kısa devre oluşumuna bağlı olarak metal alaşımlarının mikro yapısını ayırt eden ana kriterleri sunmaktadır.

Metalin yapısındaki oksijenin nispi yüzdesine ve tanelerin karşılıklı konumunun durumunu (özelliklerini) özel bir biçimde belirleme ilkesine dayanan metalografik araştırma, kısa devre süresini (an) karakterize eden ayırt edici özelliklerin ortaya çıkarılmasını sağlar. bakır ve alüminyum tellerin alaşım bölgeleri.