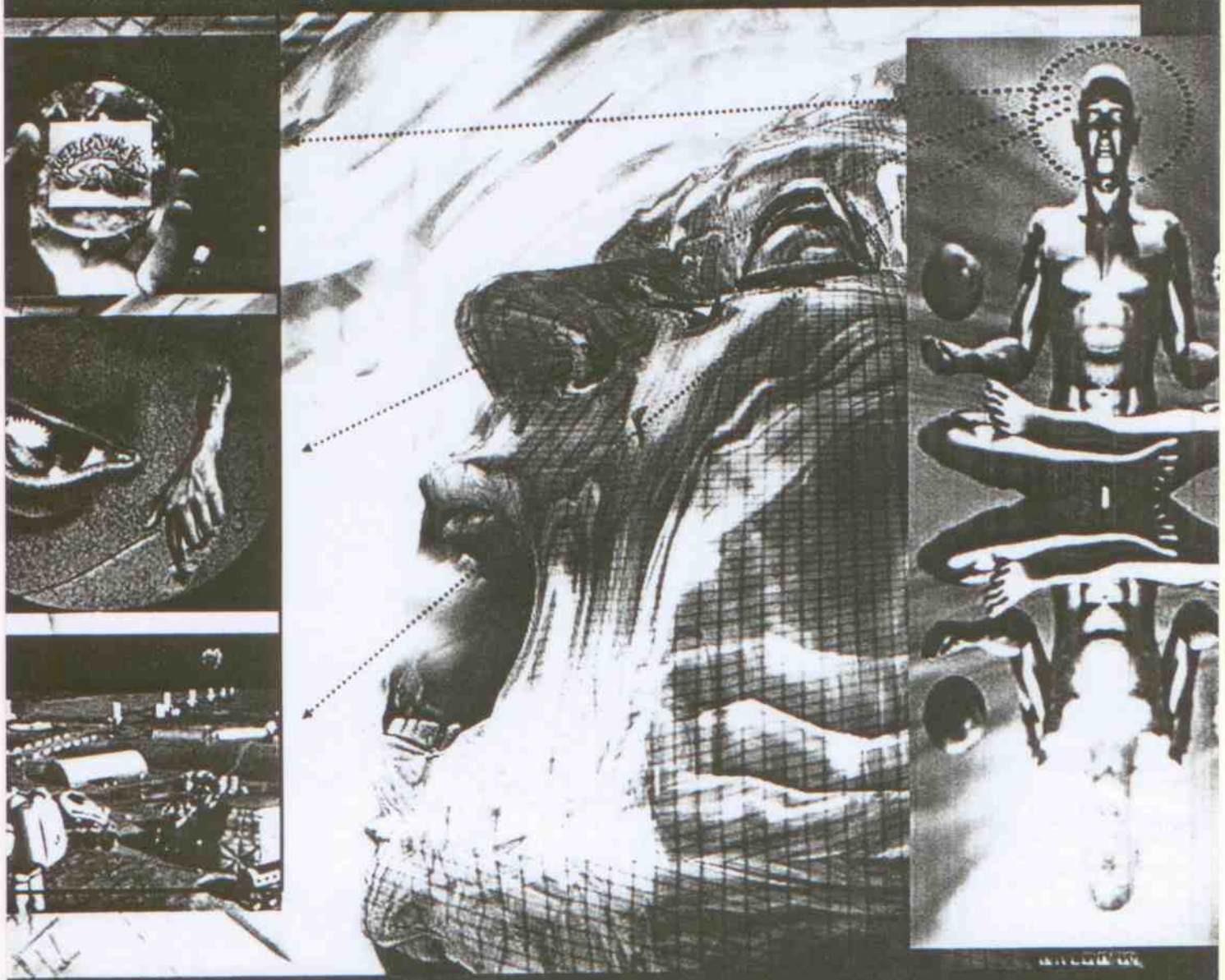
अंक 21 वर्ष 2007

जिज्ञासा



भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान दिल्ली

कपड़े की ज्वलनशीलता एवं अग्नि अवरोधी उपचार

हरपाल सिंह
अग्नि अनुसंधान प्रयोगशाला
केन्द्रीय भवन अनुसंधान संस्थान
रुड़की – 247 667

सारांश

इस लेख में कपड़े की ज्वलनशीलता तथा इसे अग्नि अवरोधी बनाने की विधि का वर्णन किया गया है। कपड़े के नमूनों का फॉसफोरस तथा बोरान पर आधारित अग्नि अवरोधी रसायनों की विभिन्न सान्द्रताओं के साथ उपचार किया गया। रसायनिक उपचारित एवं अनउपचारित नमूनों का बी.एस.–3119 तथा आई.एस.–11871 मानकों के अनुसार अग्नि निष्पादन मूल्यांकन किया गया जिसमें इसके अनेक गुणों जैसे ज्वाला काल, ज्वाला का माध्यम हटाने के पश्चात् कपड़े पर रहने वाली ज्वाला, दीप्ति, झुलसने वाली लम्बाई तथा क्षेत्र आदि का अध्ययन किया गया। उच्च तापक्रम पर वायु की उपस्थिति तथा अनुपस्थिति में रसायनिक उपचारित तथा अनउपचारित कपड़ों के दहन, अपघटन तथा ताप–अपघटन की प्रक्रियाओं को जानने के लिए इसका ताप भारात्मक विश्लेषण (thermogravimetric analysis), व्युत्पन्न ताप विश्लेषण (derivative thermogravimetry), विभेदक ताप विश्लेषण (differential thermal analysis) तथा विभेदक क्रमवीक्षण उष्मामिति (differential scanning calorimetry) का अध्ययन किया गया।

प्रस्तावना

कपड़ा प्राकृतिक कार्बनिक पोलीमर (organic polymer) होता है तथा इसकी मूल संरचना सेलूलास (cellulose) के अणुओं पर आधारित होती हैं। सेलूलास के अणु कार्बन एवं हाइड्रोजन के परमाणुओं से मिलकर बनते हैं। सेलूलास के अणुओं में हाइड्रोजन परमाणु की उपस्थिति के कारण आग बड़ी तेजी से फैलती है तथा कपड़े के सेलूलास अणुओं में लगी आग और भी भयंकर रूप धारण कर लेती हैं क्योंकि वातावरण की वायु की उपस्थिति में कपड़े का दहन (combustion) बड़ी तेजी से होता है[1-2]। कपड़े पर आग पकड़ने एवं फैलने का खतरा तब और भी बढ़ जाता है, जब इसका प्रयोग परदे, सोफा कवर, गददों के कवर, कालीन, शामियानों, कैनात, तम्बू तथा अस्थायी संरचनाओं को बनाने में किया जाता हैं। इन सभी वस्तुओं पर कवर व सजावट के तौर पर प्रयोग होने वाले कपड़े अत्यधिक ज्वलनशील होते है। आग से इनका सम्पर्क क्षण भर के लिए होने पर ही इनमें आग बड़ी तेजी से फैलती हैं तथा कुछ ही समय में सब कुछ जलकर राख हो जाता है। इस तरह के अधिकतर अग्नि कांड मनुष्य के अज्ञान, लापरवाही एवं गलती के कारण होते हैं। जैसे जलती बीड़ी, सिगरेट,

माचिस की तीली, विद्युत प्रणाली पर बहुत अधिक विद्युत भार, घटिया विद्युत उपकरणों व सामान का प्रयोग, खाना बनाने वाली गैस के प्रयोग में आवश्यक सावधानियों की उपेक्षा आदि अतः कपड़े में किसी भी प्रकार से आग लगने पर अत्यधिक जान एवं माल की हानि होती है। डबवाली (हरियाणा) के स्कूल में बच्चों का समारोह, बारिपाड़ा (उड़ीसा) का धार्मिक समारोह, मक्का (सऊदी अरब) का हज़ पर्यटक समारोह, कलकत्ता (पश्चिमी बंगाल) का पुस्तक मेला, दुर्गा पूजा समारोह एवं उपहार सिनेमा (दिल्ली) आदि इसके कुछ ज्वलन्त उदाहरण हैं। इनमें से डबवाली अग्नि कांड दिल दहला देने वाला था। इस अग्नि कांड में 23 दिसम्बर 1995 को लगभग 400 लोग, जिनमें अधिकतर बच्चें थे, हमेशा के लिए खामोश हो गये थे।

अतः भविष्य में इस तरह के अग्नि कांडों को रोकने के लिए कपड़ों का अग्नि अवरोधी होना अत्यधिक आवश्यक है। उपरोक्त वस्तुओं एवं संरचनाओं में प्रयोग होने वाले कपड़ों को अग्नि अवरोधी बनाने की तकनीक का विकास किया गया है। यह तकनीक बहुत ही साधारण एवं आसानी से प्रयोग में लायी जा सकती है। इस तकनीक में प्रयोग होने वाले रसायन सस्ते, विषैले प्रभाव से रहित (non-toxic) तथा देश में ही आसानी से उपलब्ध हैं। इस तकनीक द्वारा अग्नि अवरोधी कपड़े के रंग, स्वरूप एवं तनन सामर्थ्य (tensile strength) में कोई भी बदलाव नहीं आता हैं।

कपड़े की ज्वलनशीलता

रसायनिक तौर पर कपड़ा सेलूलास के अनेक अणुओं से मिलकर बना होता है। कपड़े के दहन की रसायनिक अभिक्रिया एवं क्रियाविधि अपने आप में बहुत ही जटिल तथा पूरी तरह से सुलझी हुई नही है। कपड़े पर अग्नि अवरोधी रसायनों की अभिक्रिया कराने पर इसके दहन की क्रियाविधि और अधिक जटिल हो जाती है। अग्नि के सम्पर्क में आने पर कपड़े का सेलूलास अणु प्रत्यक्ष रूप से नही जलता है। कपड़े को उच्च तापमान पर अनावरित (exposed) करने पर प्रारम्भिक अभिक्रिया ताप–अपघटन (pyrolysis) की होती हैं जिसमें गैस, वाष्प एवं कुहासा (mist) निकलता है जो कि वायु के साथ मिलकर ज्वलनशील (flammable) मिश्रण बनाता हैं। इस मिश्रण के दहन तथा जलने पर दहकती हुई ज्वाला निकलती है। जलने के उपरान्त ठोस अवशिष्ट के रूप में चारकोल बचता है। वातावरण का ऑक्सीजन इस अवशिष्ट का दहन कर देता है। इस दहन के दौरान अत्यधिक दीप्ति (glow) उत्पन्न होती है जिसका तापमान लगभग 800° सेन्टीग्रेड से भी ऊपर होता है। अतः कपड़े का जलना एवं दहन अनेक जटिल अभिक्रियाओं से होकर गुजरता है तथा इन जटिल अभिक्रियाओं को निम्न रूप में दर्शाया जा सकता है :

अग्नि स्रोत $\longrightarrow$ DH_1

सेलूलास $\longrightarrow$ अपघटन उत्पाद + DH_2

वाष्पशील अपघटक उत्पाद + O_2 $\longrightarrow$ $CO_2 + H_2O + DH_3$

ठोस अपघटक उत्पाद + O_2 $\longrightarrow$ $CO + CO_2 + DH_4$

उपरोक्त अभिक्रियाओं से विदित होता है कि कपड़े के प्रारम्भिक ताप–अपघटन में वाष्पशील तथा ठोस दोनों प्रकार के उत्पाद निकलते हैं। इन अपघटन उत्पादों के ऑक्सीकरण से निकलने वाली ऊष्मा सबसे ज्यादा खतरनाक एवं हानिकारक होती हैं। अतः कपड़े के अग्नि अवरोधी उपचार के लिए प्रयोग होने वाले रसायन, अग्नि अवरोधी के साथ–साथ दीप्ति अवरोधी भी होने चाहिये।

अग्नि अवरोधी रसायन संयोजन

कपड़े को अग्नि अवरोधी बनाने के लिए अग्नि अवरोधी रसायनों की मात्रा एवं उनका संयोजन (composition) बहुत ही सावधानीपूर्वक निश्चित किया जाता है। कपड़े की रसायनिक संरचना अधिकतर सेलूलास अणुओं पर आधारित होती है। अतः कपड़े को ऐसे रसायनों से उपचारित किया जाता है जो कपड़े के सेलूलास अणुओं से अभिक्रिया करके

इसको अग्नि अवरोधी, दीप्ति अवरोधी बना दे तथा किसी भी प्रकार से इसकी सतह पर आग न फैलने दे। कपड़े के सेलूलास अणुओं तथा रसायनों के मध्य अभिक्रिया के आधार पर इसको निम्न रसायनों के साथ उपचारित किया जाता हैं:

- अग्नि अवरोधी रसायन (fire retardant)
- दीप्ति अवरोधी रसायन (glow retardant)
- निर्जलीकारक रसायन (dehydrating)

उपर्युक्त रसायनों से कपड़ों को उपचारित करने से पूर्व यह भी ध्यान रखा जाता है कि ये रसायन सस्ते तथा देश में ही आसानी से उपलब्ध हों, नमी से अप्रभावित (non-hygroscopic) हो, विषैले प्रभाव से रहित हो, जलन रहित (non-irritating) हो तथा उपचारित होने वाले कपड़े के रंग, स्वरुप एवं तनन सामर्थ्य में कोई बदलाव न आये।

दीप्ति अवरोधी, अग्नि अवरोधी तथा निर्जलीकारक रसायनों को एक निश्चित अनुपात में मिलाकर एक विशेष विधि द्वारा अग्नि अवरोधी घोल बनाया जाता है। अग्नि अवरोधी घोल को बनाने मे निश्चित समय एवं तापक्रम का विशेष ध्यान रखा जाता है। सर्वप्रथम दीप्ति अवरोधी रसायनों की एक निश्चित मात्रा निश्चित तापक्रम पर पानी में घोल कर एक पारदर्शी घोल तैयार किया जाता है। इस पारदर्शी घोल में अग्नि अवरोधी रसायनों की एक निश्चित मात्रा डालकर तब तक हिलायी जाती है जब तक कि एक संभाग घोल न बन जाये। अब इस घोल को वायुमण्डलीय तापक्रम पर ठंडा किया जाता है। अंत में इस घोल में निर्जलीकारक रसायनों की एक निश्चित मात्रा मिलाकर तब तक हिलायी जाती है जब तक कि एक पारदर्शी घोल प्राप्त न हो जाये। अग्नि अवरोधी घोल बनाने की सम्पूर्ण विधि चित्र 1 में दर्शायी गयी है। इस पारदर्शी घोल की 10–15 प्रतिशत तक की सान्द्रता कपड़े को पूर्णरूप से अग्नि अवरोधी बनाने के लिए पर्याप्त होती है।

अग्नि अवरोधी रसायनिक उपचार

कपड़े को अग्नि अवरोधी बनाने के लिए इसका रसायनिक उपचार एक प्रायोगिक संयंत्र (pilot-plant) (चित्र 2) में किया जाता है [5]। इस प्रायोगिक संयत्र की अभिकल्पना एवं रचना पूर्णतः संस्थान द्वारा ही की गयी है तथा इसकी क्षमता 500 मीटर कपड़ा प्रतिदिन उपचारित करने की है। इस प्रायोगिक संयंत्र में कपड़ा पूर्णतः रसायनिक उपचारित होने से पूर्व विभिन्न इकाइयों जैसे अभिक्रिया इकाई, निचोड़ने वाली इकाई, सौर शुष्क इकाई, ताप उपचार इकाई तथा बंडल बनाने वाली इकाई आदि से होकर गुजरता है। सर्वप्रथम कपड़े को अभिक्रिया इकाई में डालने से पूर्व इसका भार कर लिया जाता है। अब कपड़े को अभिक्रिया इकाई में परतों के रूप में एक निश्चित समय तक डुबाकर रखा जाता है जिससें इसका सम्पूर्ण एवं एक समान रूप से रसायनिक उपचार हो सके। इसके पश्चात् निचोड़ने वाली इकाई में कपड़े पर अतिरिक्त मात्रा में लगे हुए रसायनिक घोल को सम्पूर्ण रूप से पृथक कर लिया जाता है। यहाँ से रसायनिक उपचारित कपड़ा सौर शुष्क इकाई में पहुँचकर सम्पूर्ण रूप से शुष्क हो जाता है। तत्पश्चात् शुष्क कपड़ा ताप उपचार इकाई में पहुँचता है। रसायनिक उपचारित कपड़े को सम्पूर्ण रूप से अग्नि अवरोधी बनाने के लिए यह सबसे महत्वपूर्ण इकाई है। इस इकाई में उपचारित कपड़े के सेलूलास अणुओं की अभिक्रिया अग्नि अवरोधी रसायनों से कराने के लिए इसको एक निश्चित तापक्रम पर निश्चित समय के लिए रखा जाता है। ताप उपचार के पश्चात् कपड़ा बंडल बनाने वाली इकाई में बंडल के रूप में इक्टठा कर लिया जाता है। अन्त में एक विशेष रसायनिक समीकरण की सहायता से कपड़े द्वारा धारण की गयी अग्नि अवरोधी रसायनों की मात्रा की गणना कर ली जाती है [6]। इस विधि द्वारा सम्पूर्ण रूप से रसायनिक उपचारित कपड़ा लगभग 12–14 प्रतिशत अग्नि अवरोधी रसायनों की मात्रा को धारण करता है।

$$\text{कपड़े द्वारा धारण किये गये अग्नि अवरोधी रसायन (प्रतिशत)} = \frac{\text{रासायनिक उपचारित कपड़े का भार} - \text{उपचार से पूर्व कपड़े का भार}}{\text{उपचार से पूर्व कपड़े का भार}} \times 100$$

अग्नि निष्पादन मूल्यांकन

रसायनिक उपचारित कपड़े का अग्नि निष्पादन मूल्यांकन (fire performance evaluation) राष्ट्रीय (आई. एस. – 11871) एवं अन्तरराष्ट्रीय (बी.एस.–3119) मानकों के अनुसार किया जाता है[7]। रसायनिक उपचारित कपड़े के अग्नि अवरोधी गुणों की तुलना अनउपचारित कपड़े से करने के लिए दोनों प्रकार के नमूनों का समान परिस्थितियों में अग्नि परीक्षण किया जाता है जिससे यह विदित हो सके कि रसायनिक उपचारित कपड़ा किस सीमा तक अग्नि अवरोधी हो गया है। दोनों प्रकार के नमूनों का अग्नि परीक्षण चित्र 3, एवं 4 में दर्शाया गया हैं।

अग्नि परीक्षण के लिए रसायनिक उपचारित कपड़े के 318 मि.मी. लम्बाई तथा 51 मि.मी. चौड़ाई के छः नमूने तैयार किये जाते हैं। इनमें से तीन नमूने तानक (warp) तथा तीन नमूने वानक (weft) दिशाओं में काटे जाते हैं। इन नमूनों का अग्नि परीक्षण करने से पूर्व इनको प्रानुकूलित (conditioned) करने के लिये 24 घंटों तक 65 प्रतिशत सापेक्ष आर्द्रता (relative humidity) तथा 20° सेन्टीग्रेड तापमान पर रखा जाता है। अग्नि परीक्षण के लिए कपड़े के नमूनों को एक 305 × 305 × 760 मि.मी. आकार के अदहनशील डब्बे के अन्दर ऊर्ध्वाधर स्थिति में लगाया जाता हैं। नमूनों को अग्नि से अनावरित करने के लिए 38 मि.मी. ऊंचाई की दीप्त ज्वाला देने वाला 10 मि.मी. व्यास वाला एल.पी.जी. का बर्नर प्रयोग किया जाता है। सभी नमूनों को दीप्त ज्वाला में 12 सेकेण्ड तक अनावरित करने के पश्चात् बर्नर को नीचे से हटा लिया जाता है। इसके पश्चात् कपड़े के नमूनें पर ज्वाला, दीप्ति तथा जलने वाले क्षेत्र एवं लम्बाई का निरीक्षण किया जाता है। कपड़े के जले हुए क्षेत्र की लम्बाई निकालने के लिए इस किनारे पर एक विशेष भार की सहायता से इसका विदार (tear) किया जाता है तथा जहाँ तक इसका आसानी से विदारण हो जाता है वही इसकी अग्नि से जलने वाली लम्बाई है। रसायनिक उपचारित तथा अनउपचारित कपड़ों से अग्नि परीक्षण के दौरान प्राप्त होने वाले आंकड़ों का तुलनात्मक विवरण सारणी 1 में दिया गया है।

उच्च तापक्रम पर कपड़ों का व्यवहार

रसायनिक उपचारित तथा अनउपचारित कपड़ों का उच्च तापक्रम पर व्यवहार जानने के लिये इनका 1000° सेन्टीग्रेड तापमान तक एवं 10° सेन्टीग्रेड प्रति मिनट की गति से वायु की उपस्थिति में दहन तथा नाइट्रोजन की उपस्थिति में अपघटन (decomposition) किया गया। इस प्रक्रिया के द्वारा यह ज्ञात किया जाता है कि रसायनिक उपचारित कपड़े का दहन एवं अपघटन किस प्रकार से अनउपचारित कपड़े से भिन्न है। सर्वप्रथम इस प्रक्रिया में ताप भारात्मक विश्लेषण (thermogravimetric analysis) का ग्राफ प्राप्त होता है जिसके द्वारा यह पता चलता है कि उपरोक्त सभी परिस्थितियों में कपड़ों का भार कितना घट रहा है। इसके साथ ही व्युत्पन्न ताप विश्लेषण (derivative thermogravimetry) का एक और ग्राफ प्राप्त होता है जिससे यह विदित होता है कि कपड़ों का भार किस गति (ग्राम प्रति मिनट) से कम हो रहा है। कपड़ों के नमूनों का उच्च तापक्रम पर भार कम होने का कारण इनके अन्दर होने वाली उष्माक्षेपी (exothermic) एवं उष्माशोषी (endothermic) अभिक्रियाएं हैं तथा इन होने वाली उष्माक्षेपी एवं उष्माशोषी अभिक्रियाओं की पुष्टि विभेदक ताप विश्लेषण (differential thermal analysis) से प्राप्त होने वाले ग्राफ

से की जाती है। नमूनों में होने वाले इन सभी परिवर्तनों में निश्चित तौर पर कितनी उष्मा अवशोषित हो रही है या निकल रही है, इसका निर्धारण विभेदक क्रमवीक्षण उष्मामिति (differential scanning calorimetry) के ग्राफ द्वारा किया जाता है [8]। कपड़ों के नमूनों में ये सभी प्रभाव इनके अन्दर होने वाले तापीय ऊर्जा में परिवर्तन के कारण होते हैं। रसायनिक उपचारित तथा अनउपचारित कपड़ों में होने वाले इन प्रभावों का अन्तर इस आशय की तरफ संकेत करता है कि रसायनिक उपचारित कपड़ा किस सीमा तक अग्नि अवरोधी हो गया है। उपरोक्त वर्णित प्रभावों को चित्र 5, 6, 7 एवं 8 में दिखाया गया है।

परिणाम एवं चर्चा

अग्नि परीक्षण एवं उच्च तापक्रम पर रसायनिक उपचारित एवं अनउपचारित कपड़ों के व्यवहार से सम्बन्धित प्राप्त आंकड़ों के आधार पर दोनों प्रकार के कपड़ों का अग्नि तथा उच्च तापक्रम पर व्यवहार तथा कपड़ा किस सीमा तक अग्नि अवरोधी हो गया है, के विषय में महत्वपूर्ण जानकारी मिलती है। सारणी –1 में दिये गये आंकड़ों से साफ पता चलता है कि रसायनिक उपचारित तथा अनउपचारित दोनों कपड़ों का अग्नि दहन 12 सेकेण्ड तक करने पर रसायनिक उपचारित कपड़ा लगभग 34 मि.मी. लम्बाई तक झुलसकर काला पड़ जाता है, जबकि अनउपचारित कपड़ा पूरी लम्बाई में जलकर राख हो जाता है। रसायनिक उपचारित कपड़े के नीचे से जैसे ही बर्नर हटाया जाता है तुरन्त ही ज्वाला बुझ जाती है, जबकि अनउपचारित कपड़ा लगभग 67 सेकेण्ड तक जलता रहता है जब तक की पूरा जलकर राख नही हो जाता है। इसी प्रकार से रसायनिक उपचारित कपड़े के नीचे से बर्नर हटाते ही दीप्ति अतिशीघ्र समाप्त हो जाती है, जबकि अनउपचारित कपड़े में यह लगभग 128 सेकेण्ड तक चमकती रहती है। अग्नि दहन के पश्चात् रसायनिक उपचारित कपड़े में भार क्षति लगभग 4 प्रतिशत तक ही होती है, जबकि अनउपचारित कपड़े में यह 96 प्रतिशत से भी ज्यादा होती है। रसायनिक उपचारित कपड़े की सतह पर आग का फैलाव बिल्कुल नही होता है, जबकि अनउपचारित कपड़े की पूरी की पूरी सतह पर आग बहुत ही तेजी से फैलती है। अग्नि परीक्षण के दौरान यह भी पाया गया कि रसायनिक उपचारित कपड़े से किसी भी प्रकार की हानिकारक गैसें नही निकलती हैं। अतः इससे वातावरण पर भी इसका कोई दुष्प्रभाव नही पड़ता है[9]।

तापीय परीक्षणों से पता चलता है कि रसायनिक उपचारित एवं अनउपचारित कपड़ों का दहन दो अवस्थाओं में होता है। टी.जी.ए. तथा डी.टी.जी. ग्राफों से ज्ञात होता है कि भार हानि तथा भार हानि की गति रसायनिक उपचारित कपड़े की अपेक्षा अनउपचारित कपड़े में ज्यादा है। एक समान तापन गति 10° सेन्टीग्रेड प्रति मिनट पर रसायनिक उपचारित कपड़ा 7 प्रतिशत भार हानि पर जलना शुरू करता है जबकि अनउपचारित कपड़ा 5 प्रतिशत भारहानि पर ही जलना शुरू कर देता है। समान तापीय गति की परिस्थितियों में रसायनिक उपचारित कपड़े में अधिकतम भार हानि 92 प्रतिशत तक होती है जबकि अनउपचारित कपड़े में यह 99 प्रतिशत से भी ज्यादा है। अतः रसायनिक उपचारित कपड़े में 8 प्रतिशत तथा अनउपचारित कपड़े में 1 प्रतिशत से भी कम अवाष्पशील पदार्थ होते हैं। ये अवाष्पशील पदार्थ कपड़े के जलने के उपरान्त काले झुलसे हुए अवशिष्ट के रूप में बचते हैं [10]। रसायनिक उपचारित तथा अनउपचारित कपड़ों के डी.टी.ए. ग्राफों से ज्ञात होता है कि तापीय प्रभाव में दोनों ही कपड़ों का उष्माक्षेपी अपघटन होता है जिसमें उष्मा का प्रसार होता है। डी.एस.सी. ग्राफों से पता चलता है कि अनउपचारित कपड़े के अपघटन में रसायनिक उपचारित कपड़े के अपघटन की अपेक्षा अधिक ऊर्जा निकलती है। अतः अनउपचारित कपड़े में रसायनिक उपचारित कपड़े की अपेक्षा जलने पर अधिक भार हानि होती है। इस प्रकार चित्र 5, 6, 7 एवं 8 में दिये गये टी.जी.ए., डी.टी.जी., डी.टी.ए. तथा डी.एस.सी. के ग्राफों से साफ पता चलता है कि कपड़े पर अग्नि

अवरोधी रसायनों की अभिक्रिया से कपड़े की तापीय स्थिरता कम हो जाती है जिससे इसकी अग्नि अवरोधी क्षमता बढ़ जाती है तथा कपड़ा अग्नि अवरोधी हो जाता है।

अग्नि अवरोधी अभिक्रिया क्रियाविधि

सैद्धान्तिक तौर पर कपड़े के जलने के प्रक्रम की जटिलता तथा प्रयोग होने वाले अग्नि अवरोधी रसायनों की विविध प्रकृति के कारण इसकी अग्नि अवरोधी क्रियाविधि बहुत ही जटिल है। दहनशील कपड़े को अग्नि अवरोधी बनाने तथा इसकी ज्वलनशीलता को घटाने वाले रसायनों की प्रभाविकता एवं अभिक्रिया का वर्णन करने के लिए अनेक क्रियाविधि प्रस्तुत की गयी है:

(1). अग्नि अवरोधी रसायनों का प्रयोग कपड़े की ताप–अपघटन अभिक्रिया को परिवर्तित कर देता है जिससे कपड़े का ऑक्सीकरण करने वाली एवं इसको जलाने वाली ज्वलनशील गैसों की मात्रा बहुत ही कम हो जाती है [11]।

(2). अग्नि अवरोधी रसायन कपड़े के रेशे के चारों तरफ एक परत बना देते हैं। इस परत के कारण कपड़े को जलाने के लिए आवश्यक ऑक्सीजन नही मिल पाती है [3]।

(3). अग्नि अवरोधी रसायन अपघटन पर अज्वलनशील गैसें निकालते हैं तथा ये गैसें ताप–अपघटन से निकलने वाले उत्पादों की सान्द्रता इतनी कम कर देती है जिससे कपड़े में आग ही न लग सके।

रसायनिक तौर पर कपड़ा सेलूलास के अणुओं से मिलकर बना होता है जिसमें ग्लूकोज की इकाइयां β–ग्लूकोसिडिक बंधताओं (glucosidic linkages) द्वारा जुड़ी रहती हैं। कपड़े के सेलूलास अणु में दो प्रकार के हाइड्रोक्सील समूह होते हैं। सेलूलास अणु के प्रत्येक डी–ग्लूकोपाइरानोसाइल इकाई (glucopyranosyl unit) के कार्बन परमाणु संख्या 2 एवं 3 पर द्वितीय हाइड्रोक्सील समूह तथा 6 पर प्राथमिक हाइड्रोक्सील समूह जुड़े रहते हैं। ये हाइड्रोक्सील समूह विभिन्न–विभिन्न गतियों पर तिर्यक बंधन (cross-linking) अभिक्रियायें करते हैं तथा ये अभिक्रियाएं ही निष्पादन गुणों के लिए जिम्मेदार होती हैं। फॉसफोरस पर आधारित अग्नि अवरोधी रसायन कपड़े के सेलूलास अणु के हाइड्रोक्सील समूह के साथ संघनित प्रावस्था में अभिक्रिया करके ज्वलनशील गैसों का बनना रोकते हैं तथा ऐसी गैसों का निर्माण करते हैं जो जलने में सहायक नही होती हैं। सेलूलास अणु के दहन के तापमान पर अग्नि अवरोधी रसायनों से एक उत्प्रेरक निकलता है जिसकी उपस्थिति में सेलूलास का उष्माशोषी ताप–अपघटन अपेक्षाकृत निम्न तापक्रम पर हो जाता है। इस अभिक्रिया में अवशोषित होने वाली ऊर्जा सेलूलास अणु का अपघटन तथा फॉसफोराइलेशन (phosphorylation) करने में एक उत्प्रेरक (catalyst) का कार्य करती है। अन्त में उत्प्रेरक की अनुपस्थिति में सेलूलास अणु का कार्बन डाई ऑक्साइड तथा पानी में अपघटन हो जाता है [12]। कपड़े के सेलूलास अणुओं के अग्नि अवरोधी होने की सम्भावित अभिक्रिया क्रियाविधि चित्र 9 में दर्शायी गयी हैं।

निष्कर्ष

साधारण कपड़ा अत्यन्त ज्वलनशील होता है तथा अग्नि के सम्पर्क में आने पर यह बहुत ही तेजी से जलता है। कपड़े की उपयोगिता तथा अग्नि के साथ इसके आकर्षण के कारण इसका अग्नि अवरोधी होना अत्यन्त आवश्यक ही नही, जरूरी भी है। रसायनिक उपचारित कपड़ा पूर्णरूपेण अग्नि अवरोधी हो जाता है तथा इसमें किसी भी प्रकार से आग न तो लगती है न ही फैलती है। अग्नि अवरोधी उपचार किसी भी प्रकार से कपड़े के रंग, स्वरूप तथा तनन सामर्थ्य पर कोई प्रभाव नही डालता है। इस अग्नि अवरोधी उपचार में प्रयोग होने वाले रसायन सस्ते तथा देश में ही आसानी से उपलब्ध हैं। ये रसायन नमी से अप्रभावित,

विषैले प्रभाव से रहित तथा जलन रहित प्रवृति के है। ये रसायन अग्नि के सम्पर्क में आने पर वातावरण पर किसी प्रकार का दुष्प्रभाव नही डालते हैं। अतः कपड़े को अग्नि अवरोधी बनाकर तथा इसका प्रयोग करने पर आग से होने वाली जान एवं माल की हानि से बचा जा सकता है।

पावती (acknowledgement)

इस लेख का प्रकाशन निदेशक, केन्द्रीय भवन अनुसंधान संस्थान, रूड़की की अनुमति से किया जा रहा है।

संदर्भ

1. पी. थियेरी, "टेक्सटाइल", फायर प्रूफिंग, केमस्ट्री टेक्नॉलाजी ऐन्ड ऐप्लिकेशन्स, एल्सवेयर पब्लिशिंग कम्पनी लि., न्यूयार्क, पेज 81–95, 1970

2. जी.एल. ड्रेक, जूनियर एल. एज. चानू एवं डब्लयू. ए. रीवस, "ए लूक ऐट फ्लेम रिर्टाडेन्टस बेस्ड ऑन फास्फोरस कम्पाउन्डस',फ्लेमेबिलटी ऑफ सेलूलासिक मेटीरियलस, वाल्यूम 2, पार्ट 2, फायर ऐन्ड फ्लेमेबिलटी सीरिज, पेज 110–122, 1976

3. एम.ए. कासिम एवं एच.के. रोयटे, "फ्लेमेबिलटी ए फ्लेम रिर्टाडेन्सी ऑफ फेबरिक्स : ए रिब्यू", फ्लेमेबिलटी ऑफ सेलूलासिक मेटीरियल, वाल्यूम 1, फायर ऐन्ड फ्लेमेबिलटी सीरिज, पेज 29–42, 1973

4. सिडनी कोपिक, जेम्स.एच. चर्च और रोबर्ट डब्लयू लिटिल, "थर्मल बिहेवियर ऑफ फेबरिक्स ऐट फ्लेमिंग टम्प्रेचर्स", 116 मीटिंग अमेरकिन केमिकल सोसाइटी, एटलान्टिक सिटी, पेज 415–418, सितम्बर 1949

5. हरपाल सिंह एवं जे.पी. जैन, "अब आग से बचाये जा सकेंगे समारोह स्थल", विज्ञान प्रगति, पेज 15–17, दिसम्बर 1999

6. हरपाल सिंह एवं जे.पी. जैन, "फ्लेम रिटारडेन्ट ऑफ कॉटन टेक्सटाईल", जर्नल ऑफ इन्डियन बिल्डिंग कांग्रेस, वाल्यूम 3, नम्बर 2, पेज 96–102, 1996

7. बी.एस. 3119, "मेथड ऑफ टेस्ट फॉर फ्लेम प्रूफ मेटीरियल्स", ब्रिटिश स्टेंर्डडस इन्स्टीटयूसन, ब्रिटिश स्टेंर्डडस हाऊस, 2 पार्क एसटी, लंदन, डब्ल्यू आई, 1959

8. जे. एम. चर्च, आर.डब्ल्यू. लिटिल ऐंड एस. कोपिक, "इवैलूएशन ऑफ फ्लेम रस्सिटेंट फेबरिक्स", इन्डसट्रियल इंजीनियरिंग केमिस्ट्री, वाल्यूम 42, नं. 3, पेज 418–427, मार्च 1950

9. एच.सी. गल्यूज ऐंड जी.आर. सिडल, "डयूरेबल फ्लेम रिर्टाडिंग सेलूलासिक मेटीरियल्स", इन्डस्ट्रियल इंजीनियरिंग केमिस्ट्री, वाल्यूम 42, नं. 3, पेज 440–444, मार्च 1950

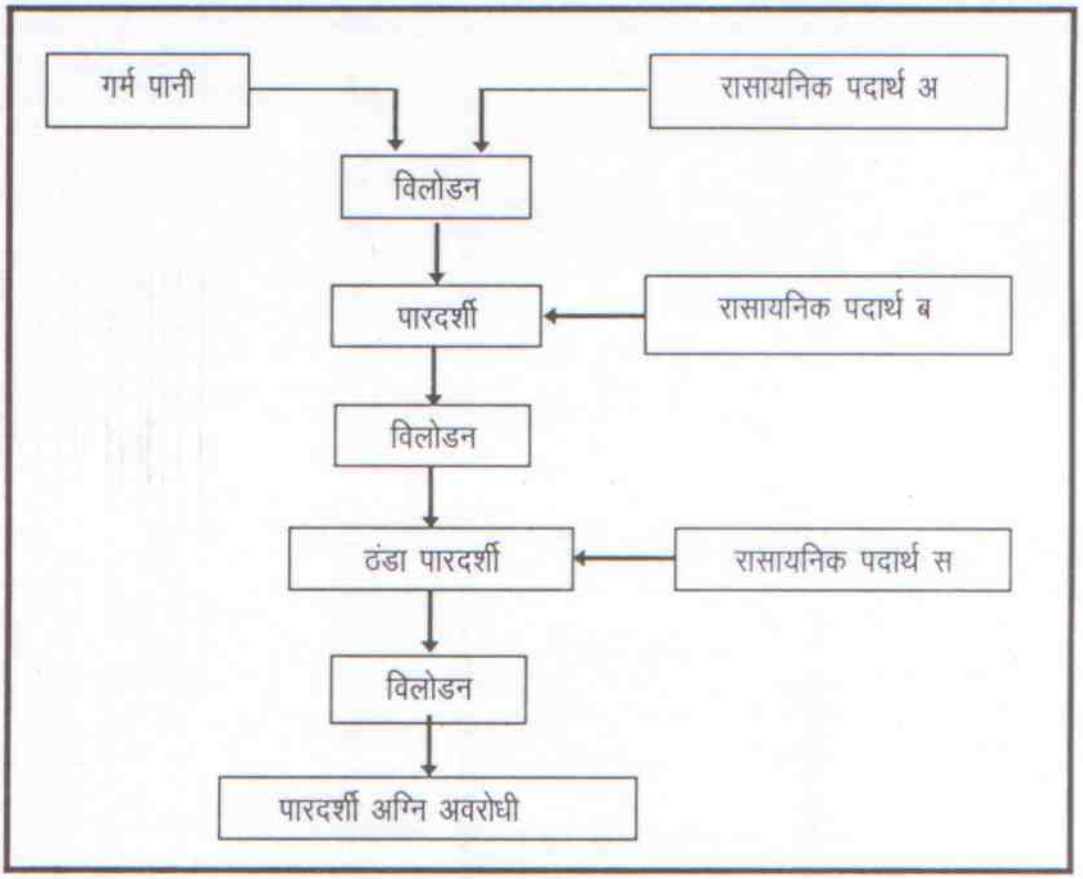
10. एस. कोपिक, जे. एम. चर्च, ऐंड आर.डब्ल्यू. लिटिल, "थर्मल बिहेवियर ऑफ फेबरिक्स ऐट फ्लेमिंग टेम्प्रेचर्स", इन्डस्ट्रियल इंजीनियरिंग केमिस्ट्री, वाल्यूम 42, नं. 3, पेज 415–418, मार्च 1950

11. आर.एच. बार्कर, "मेकेनिज्म ऑफ फ्लेम रिर्टाडेन्ट एक्सन इन टेक्सटाईल", एनबीएस, स्पेशल पब्लिकेशन 411, फायर सेफ्टी रिर्सच, पेज 37–49, नवम्बर 1974

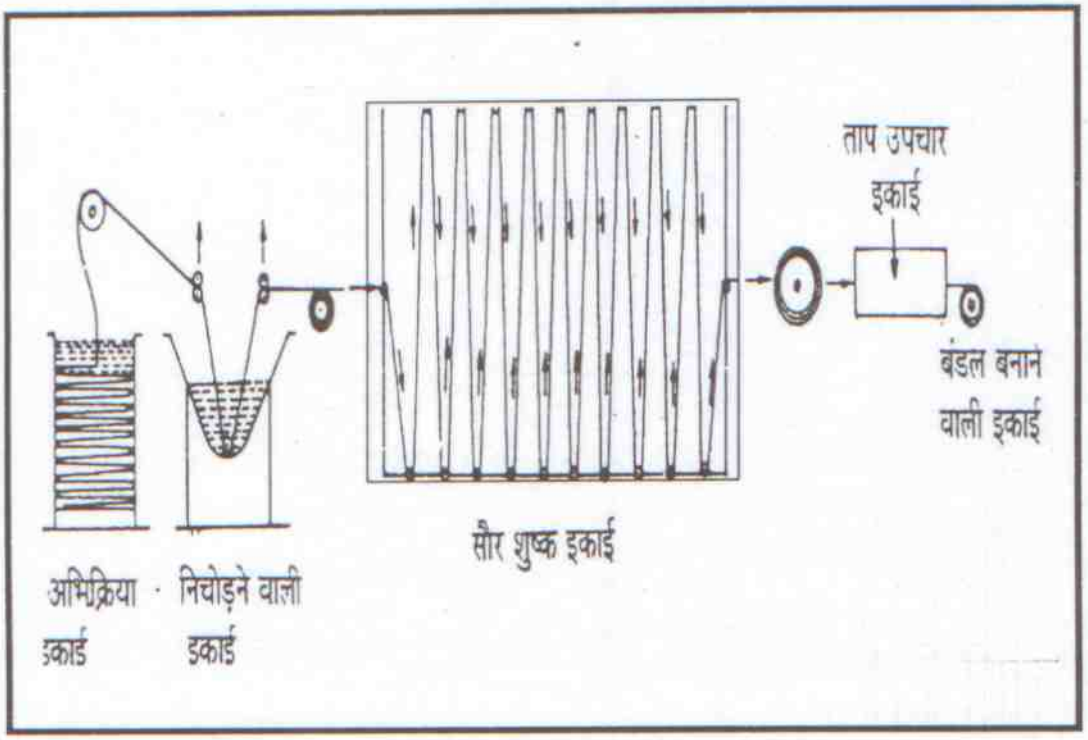
12. एच.एफ. मार्क, ' फाइबर्स', "फायर सेफ्टी आस्पेक्टस ऑफ पालिमरिक मेटीरियल्स", वाल्यूम 1, मेटीरियल्स : स्टेट ऑफ दी आर्ट, पब्लिकेशन एनएमएबी 318–1, वाशिंगटन, पेज 19–42, 1977

सारणी – 1 : कपड़ों का अग्नि अवरोधी परीक्षण

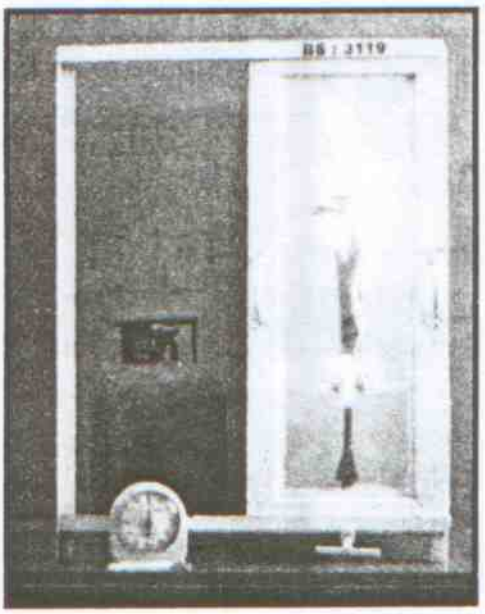
नमूनों का विवरण	अनावरण का समय (सेकेंड)	जलने वाली लम्बाई (मि.मी.)	जलने वाला क्षेत्र (मि.मी.)	तत्पश्चात् ज्वाला (सेकेंड)	तत्पश्चात् दीप्ति (सेकेंड)	भार में कमी (प्रतिशत)
रसायनिक उपचारित कपड़ा (318 X 51 मि.मी.)	12	34	388	00	00	4
अनउपचारित कपड़ा (318 X 51 मि.मी.)	12	पूरा जलकर राख	पूरा जलकर राख	67	128	96



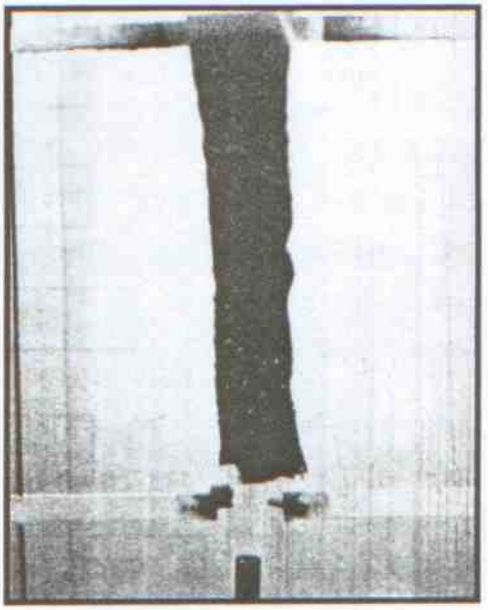
चित्र 1 : अग्नि अवरोधी घोल तैयार करने की विधि



चित्र 2 : कपड़े को रसायनिक उपचारित करने के लिए अभिकल्पित संयंत्र

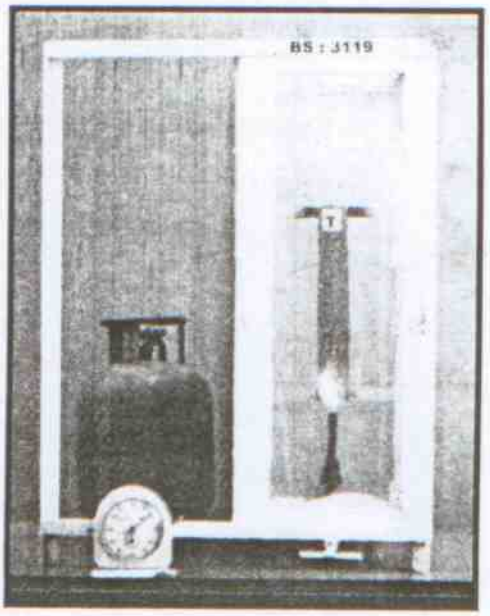


अग्नि दहन

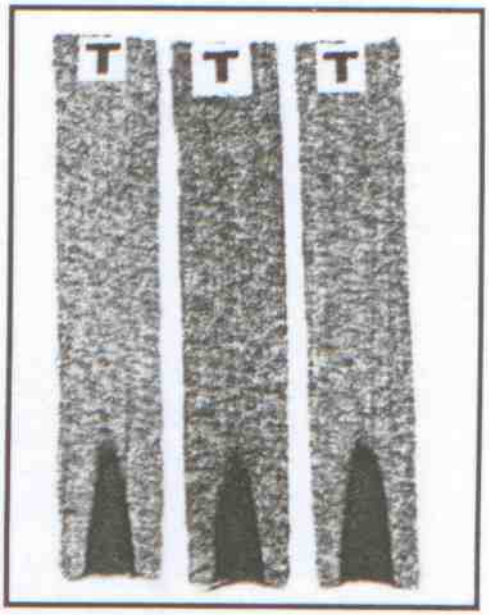


अग्नि दहन के पश्चात्

चित्र 3 : अनउपचरित कपड़े का अग्नि दहन

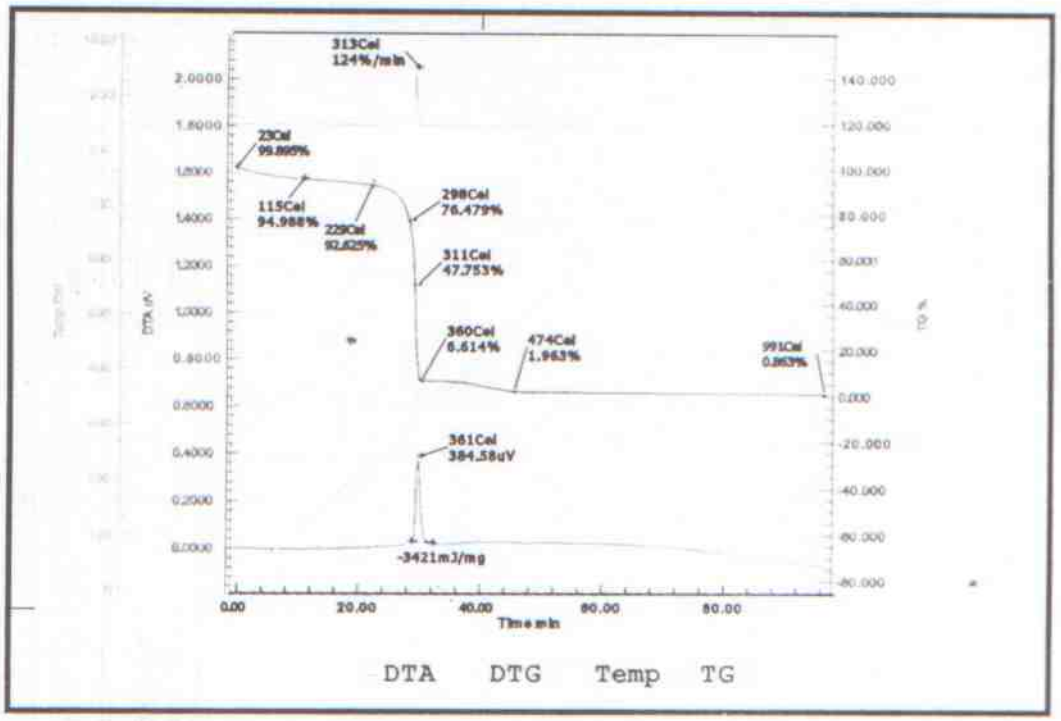


अग्नि दहन

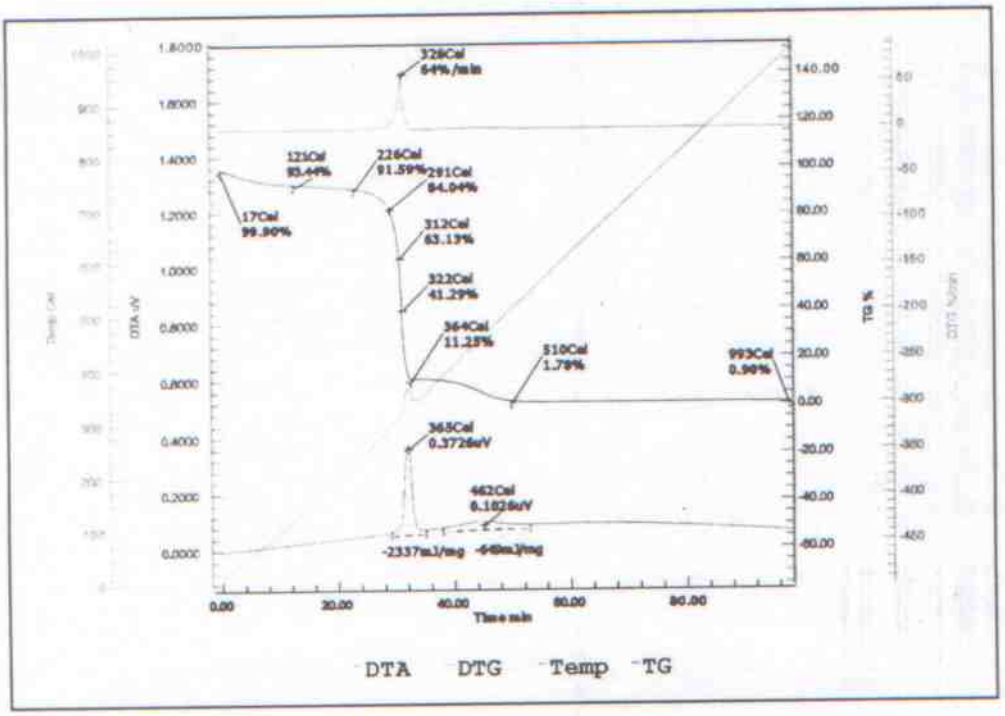


अग्नि दहन के पश्चात्

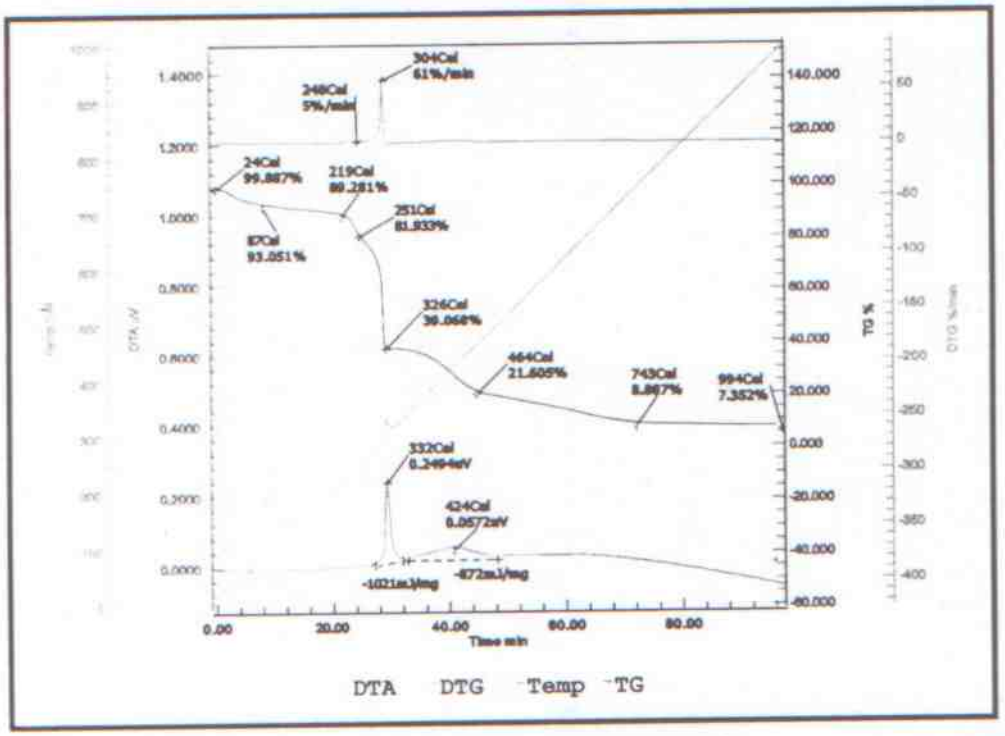
चित्र 4 : रसायनिक उपचारित कपड़े का अग्नि दहन



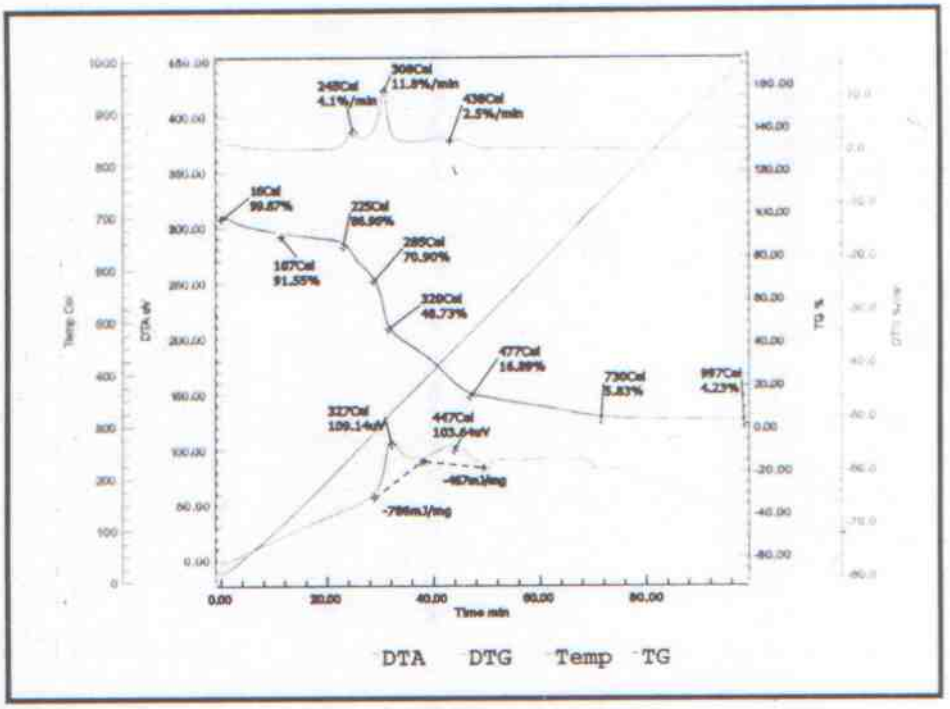
चित्र 5 : अनउपचारित कपड़े का वायु की उपस्थिति में उच्च तापक्रम पर दहन



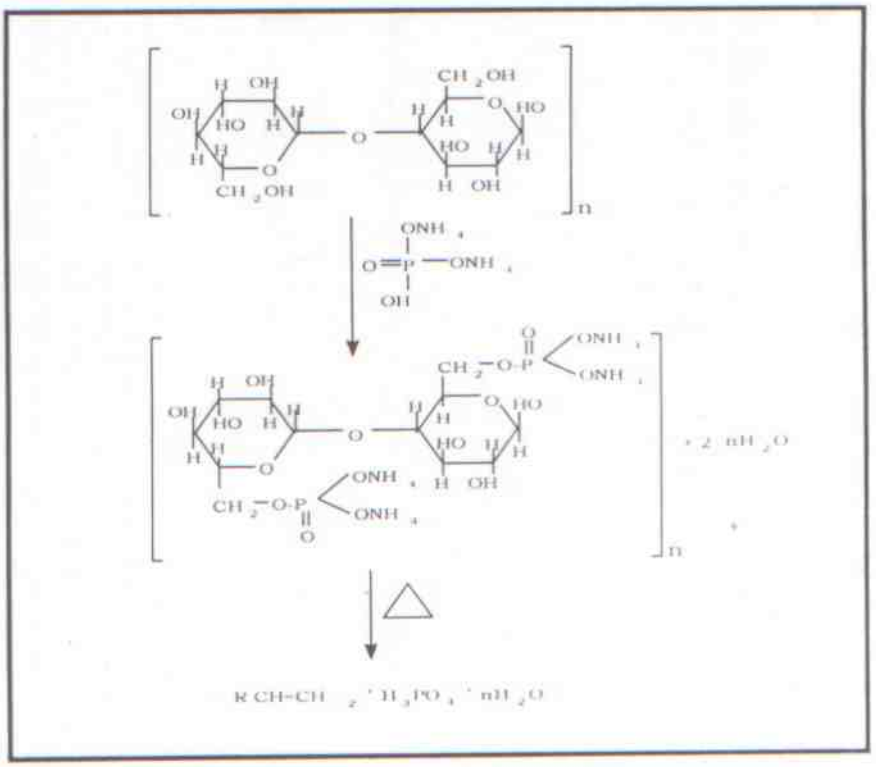
चित्र 6 : रसायनिक उपचारित कपड़े का वायु की उपस्थिति में उच्च तापक्रम पर दहन



चित्र 7 : अनउपचारित कपड़े का वायु की अनुपस्थिति में उच्च तापक्रम पर अपघटन



चित्र 8 : रसायनिक उपचारित कपड़े का वायु की अनुपस्थिति में उच्च तापक्रम पर अपघटन



चित्र 9 : कपड़े के साथ अग्नि अवरोधी रसायन की अभिक्रिया क्रियाविधि