

天然ゴムを伸長して生成させた結晶がその高速収縮過程

において融解する挙動の研究

(京工織大院) ○植村太一、田中壘登、(JASRI/SPRING-8) 増永啓康、((株)ブリヂストン) 北村祐二、角田克彦、(京大院工) 浦山健治、(京工織大) 櫻井伸一

1. 緒言

天然ゴム (NR) は、試料を伸長してひずみを加えることで、結晶化し強靱化するひずみ誘起結晶化 (Strain-Induced Crystallization; SIC) を示す。タイヤは着陸の接地時にひずみが加わることで瞬時に SIC が発現することによってバーストすることなく、その安全性が保たれていると考えられている。ただし、それだけではなく、着陸時の速度が時速 400km に達する航空機タイヤでは数 10 ミリ秒で 1 回転するため、その間に SIC の発現によって生じた結晶が消失しなければ、結晶が蓄積することになり、タイヤの硬化などの不具合に繋がりがかねない。また、高速伸長にともなう SIC 結晶化の研究はなされているが、高速除荷重過程における SIC 結晶の融解に関する報告例は全くない。そこで、本研究では NR 試料を高速収縮させる装置を作製して、高速除荷重過程における SIC 融解の挙動を、シンクロトロン放射光を用いた広角 X 線散乱 (WAXS) 測定によって明らかにすることを目的として本研究を行った。

2. 実験

上記の目的のために、伸長 NR 自身の収縮力を利用して高速収縮を達成させる装置を開発した。この装置には 2 つの電磁石があり、平面伸長された加硫天然ゴムを縮まないように固定している。実験ハッチ外側からこれらの電磁石の電源をオフすると、天然ゴムの収縮が始まる。このようにして、天然ゴムの収縮力を利用して、高速収縮を実現できた。この装置を SPRING-8 の BL03XU に設置し、ゴム試料の収縮開始と同時に、1 ミリ秒ごとの高速で時分割 WAXS 測定が行える特殊な ICCD 付き 2 次元検出器 (FASTCAM SA-X2 (株) Photron) とともに、実際の試料が収縮していく様子を低価格ハイスピードカメラ (CHU30-B-RS (株) 松電舎) で 1 ミリ秒ごとに、時分割 WAXS 測定と同期させて撮影した。X 線の波長は 0.10nm、カメラ長は 0.25m、照射時間は 1 ミリ秒。試料には、両端が筒状の突起になった加硫天然ゴム玉掛けサンプル (硫黄を 1.40phr 配合) を用いた。初期長 10mm の試料を 7 倍まで平面伸長し、その状態で上記の装置にセットし、高速収縮させながら 2d-WAXS パターンの時分割測定を室温で行った。

3. 結果と考察

結晶の融解が起こり始めてすぐに、(200)面反射ピーク幅が僅かながら (20%程度) 増大した。このことから、微結晶サイズが減少し始めていることが示唆される。その後、(200)面反射ピークの面積強度は急激に減少し、20 ミリ秒後にほぼゼロになった (完全融解)。一方、ピーク位置は、10 ミリ秒後から急速に増加していった。すなわち、ピークは広角側にシフトしていった。このことは、(200)面間隔が減少していくことを意味し、Gough—Joule 効果により、ゴムを急激に断熱的に収縮させると温度が降下するため、a 軸長が減少したものと説明される。別の測定結果 (a 軸長の温度変化) から見積もると、この温度減少は、34.7°C にも相当することが分かった。

Study on melting behavior of natural rubber crystallites during high-speed shrinkage from its elongated state whereby to induce crystallization, Taichi UEMURA¹, Ruito TANAKA¹, Hiroyasu MASUNAGA², Yuji KITAMURA³, Katsuhiko TSUNODA³, Kenji URAYAMA⁴ and Shinichi SAKURAI¹: ¹Graduate School of Engineering, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585, Japan, Tel: 075-724-7864, Fax: 075-724-7547, E-mail : shin@kit.ac.jp, ²Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)/SPRING-8, 1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198, Japan, ³Bridgestone, 3-1-1 Ogawa Higashicho, Kodaira, Tokyo, Japan, ⁴Department of Material Chemistry, Kyoto University, Kyoto-Daigaku Katsura, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8510, Japan.