

## マイクロ波加硫について

最近経費の節減や操作の簡易化、人件費の低下などを目的として連続加硫があらためて検討されつつある。

連続加硫の中でも今回は特にマイクロ波加硫について調べてみたい。

マイクロ波とは極めて波長の短い電波の総称で、通常波長 3 mm~30 cm (周波数で表わすと 100,000 MHz~1,000 MHz) のものをさしているが、ゴムのマイクロ波加硫においてはほとんど 2450 MHz のものが用いられている。このようなマイクロ波電場にゴムを置くと、物質中の分子に分極が生じ、有極性分子ではその双極子が電場に配向しようとして激しく振動、回転を生じ、その摩擦熱のためゴムが発熱する。この現象が誘電加熱で、その発熱の割合は物質に加えられる電界が強いほど、また周波数が高いほど大きくなるので、周波数の高いマイクロ波は電界の強さをそれほど増さなくても効率のよい加熱ができることになる。このようにして発生した熱により加硫が行なわれるので本質的には従来の熱源による加硫方法と変わらない。ただ従来の加硫は外部から熱が加えられるのに反し、マイクロ波加硫は物質それ自体が発熱するので、内部からも熱がかかることになるので、短時間で高能率操作が可能となる。

一方、加熱されるゴムは周知のとおり、大別すると極性ゴムと非極性ゴムに分けられる。極性ゴムとしては代表的なものは **NBR, CR** などがあげられ、非極性ゴムとしては **NR, IR, SBR, EPT** などがあげられる。マイクロ波の発熱原理からすれば、極性ゴムは発熱するが、非極性ゴムは発熱しないことになる。このようにマイクロ波加熱は被加熱物の種類により選択的に加熱される。しかし、このようにゴムの種類によって発熱状態が異なり、非極性ゴムが加熱されないとすると、マイクロ波加硫の応用範囲が限定されてくることになる。そこでそれぞれのゴムに適した配合剤を選定して、マイクロ波による発熱を行なわせて加硫を可能にすることが必要になってくる。非極性ゴムでも適当なカーボンブラック (例 HAF) の添加でマイクロ波加硫は可能である。ただし白色充填剤だけの場合、温度は昇りにくいが充填剤の10%のジエチレングリコールまたはトリエタノールアミンを添加すると、発熱がはげしくなり加硫を行なうことが出来る。また非極性ゴムに極性ゴムをブレンドする方法も

ある。

押出機については、マイクロ波加硫は常圧加硫であるため、真空押出機を使用して、配合物中の気泡を除去する必要がある。またマイクロ波だけで良好な加硫が不可能な場合は、マイクロ波加硫を行なって後さらに熱風保温炉で加熱する必要がある。熱風保温炉は、ゴムがマイクロ波によってすでに升温しているのので、保温が大きな目的である。

加硫は比較的高温短時間になるのでポリマーとしては SBR を用い、加硫系はイオウ促進剤のほかに耐熱性のすぐれた無イオウ系についても行なった。SBR は非極性ゴムであるが、この場合、既にのべた発熱しやすいカーボンブラック配合をさけて、白色配合で行なった。同一配合物のプレス加硫による加硫物の物性も比較のため併記した。

### 1. 使用機器

押出機：二軸ベント式ゴム押出機 70G-128VH-FY  
(三葉製作所製)

マイクロ波発生装置：JMH-5 (日本電子㈱製)

マイクロ波加硫装置：日本電子㈱製曲げ導波管式  
(アプリケーションター)

熱風加熱炉：日本電子㈱・

### 2. 配合

マスターバッチ

SBR1778	100
亜鉛華	5
ステアリン酸	1
ジエチレングリコール	10
ライトプロセスオイル	5
ニブシル VN3	30
ディキシーグレー	70

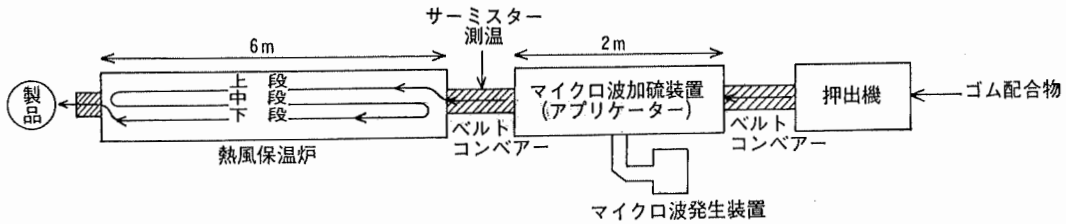
加硫系

(イオウ促進系)	(無イオウ系)
イオウ 2.5	ノクセラー TT 2.5
ノクセラー DM 1.5	ノクセラー MDB 2.5
ノクセラー D 0.5	
ノクセラー TS 0.25	

### 3. 装置概略図 (平面図)

装置の全体のプロセスの平面図は概略図の様になる。

ゴム配合物は押出機から 4.8 m/min の速度で厚さ約 3 mm 幅約 30 mm の帯状に押し出した。したがってアブ



リケーター (長さ 2 m) 中の滞留時間は  $2m/4.8 m = 25$  秒となる。また熱風保温炉 (長さ 6 m) の内部は上, 中, 下段に分れ, 炉中を 3 回通過することにより合計 18 m ( $6 m \times 3 = 18 m$ ) の距離をゴム試料が通過することになる。ただし今回の場合上段のみ, 上段+中段のみ (この場合, 通過距離はそれぞれ 6 m, 12 m) 通過させての実験も行なった。6 m の距離を通過する時間は  $6 m / 4.8 m = 75$  秒 (1 分 15 秒) となる。

4. 実験条件

加硫系	イオウ促進剤 (S+促)		無イオウ系
	(1)	(2)	
マイクロ波発生装置出力	4.5 kW	5 kW	3.6 kW
マイクロ波加硫装置 (アプリーケーター) による加硫条件	160°C × 25秒	179°C × 25秒	163°C × 25秒
熱風保温炉加硫条件	上段のみ	184°C × 1分15秒	184°C × 1分15秒
	上段+中段	184°C × 2分30秒	184°C × 2分30秒
	上段+中段+下段	184°C × 3分45秒	184°C × 3分45秒
	上段+中段	—	—

イオウ促進剤(2)はマイクロ波発生装置の出力を大きくアプリーケーターによる加硫温度を上げ, その代りに熱風して保温炉による加硫を上段のみとした。

上記の条件でマイクロ波加硫と熱風保温炉加硫を行なった試料につき, JIS K 6301-1962 に準じて引張試験を行なった結果をつぎに示す。

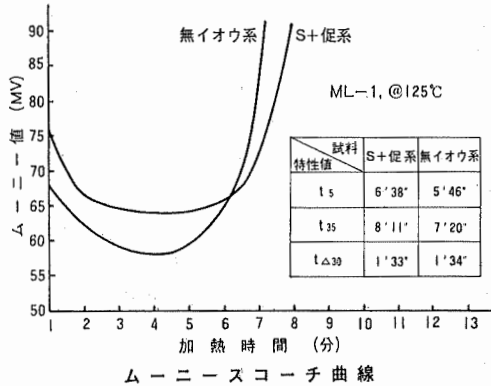
5. 引張試験結果 (マイクロ波加熱)

配合系	熱風保温炉加硫条件	$T_B$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_B$ %	引張応力 kg/cm <sup>2</sup>			$H_s$
				$M_{100}$	$M_{100}$	$M_{500}$	
イオウ促進剤 (1)	上段のみ	117	580	15	38	93	58
	上段+中段	115	550	15	40	95	58
	上段+中段+下段	112	540	15	39	99	59
イリウ促進剤 (2)	上段のみ	108	570	14	35	86	59
	上段のみ	110	650	10	30	61	53
無イオウ	上段+中段	104	580	11	30	77	55
	上段+中段+下段	98	560	12	31	76	56

上記の配合物と同一配合物につき, ムーニースコーチ試験, 引張試験結果 (プレス加硫) を参考までにつぎに

示す。

6. ムーニースコーチ試験, 引張試験



引張試験結果 (プレス加硫) JIS K 6301-1962 に準ず。

配合系	加硫時間 150°C (分)	$T_B$ kg/cm <sup>2</sup>	$E_B$ %	引張応力 kg/cm <sup>2</sup>			$M_s$
				$M_{100}$	$M_{800}$	$M_{500}$	
イオウ促進剤 (S+促)	6	129	550	15	45	101	57
	8	129	540	16	47	110	58
	10	128	540	16	47	108	59
無イオウ	6	118	580	12	39	83	52
	8	118	570	12	38	86	53
	10	113	540	13	39	87	53

なお, 本実験に用いた押出機, マイクロ波加硫用機器, 熱風保温炉は日本電子(株)の御厚意により使用させて頂いた。

文献 / Chewical & Engineering News, November 2, 34 (1970) / 青木 恂次郎: ラバーダイジェスト Vol. 23, No. 8, 41~65 (1971) / ラバーダイジェスト Vol. 23 No. 8, 101~104 (1971) / JEOL 技術資料: マイクロ波によるゴム工業への応用 (日本電子) / H. D. Manger: Kautschuk und Gummi · Kunststoffe, 22 Jahrgang, Nr. 12, 715~717 (1969) G. Oettner: Kautschuk und Gummi · Kunststoffe, 22 Jahrgang, Nr. 12, 717~721 (1969)

大内新興化学工業株式会社