オープンロール機の安全装置

高 木 康 彦

Latest Safety Device for Open Mill

Yasuhiko TAKAGI (KANSAI ROLL Co., LTD., Japan 3-11-54 Sangenya-Higashi, Taisho-ku, Osaka, Japan)

In plastic and rubber industries, different sizes of open mill are used. In fact, biggest drawback in the use of open mill is that its operation is dangerous and its operating environment is bad. In this review, we introduce a latest safety device for mixing mill.

Mechanical breaks and electrical breaks are generally known as safety devices for mixing mill. Especially mechanical breaks are widely used and sold recently. It's necessary to take an official examination when we use any breaks other than the Fukuda type one. There is a regulation that switches for safety device like lever switches must be attached to the mill. Though manufacturers have made efforts to improve safety, industrial accidents happen occasionally.

MK-break is a safety device spread in the market recently. It has LED sensors which detect only the wrist wearing a reflector. This is a patented product in the United States, Europe and Japan. In Japan, only one company has exclusive rights to manufacture and sell this product.

If the wrist with a reflector gets into dangerous area, sensors detect it and an emergency break works. It's also a good system that doesn't allow workers to start the mill without confirming that all sensors work normally. It takes one day to install this break to any kind of mill.

Key Words : Mechanical Break, MK-break , LED Sensor , Emergency Break

1. は じ め に

オープンロール機はゴム用機械としては歴史的に最も古く、またゴム工場ではなくてはならない機械の一つとして、現在まで様々な機能を付加しながら使用されている。従来は混練機、ミキシングロール機(Mixing Mill)とも呼ばれ、研究開発・品質検査用にはテストロール機とも呼ばれていたが、バンバリーミキサーやニーダーなどの密閉式の混練機(Internal Mixer)が開発されてからは、密閉式と区別を付けるためにオープンロール機と呼ばれるようになった¹⁾。

オープンロール機は水平2本のロール棒を低速で回転させ、材料を混練りさせる機械であり、ゴムコンパウンドの温度変化が少なく低温下での混練りが可能である。またせん断力が大きく配合剤の分散性にも優れている。しかしオープンロール機の作業は有人作業の為、熟練作業者が必要であり、またオープンの為作業環境も悪い。そのうえに最大の欠点は、作業中にロール棒に作業者の指や腕までもが巻き込まれると云う、大きな労災事故を過去に多く引き起こしてきた危険性にある²⁾。

今回本稿では、オープンロール機の安全装置に関し、法的な規則を含めその急停止装置と操作部について解説する。

2. オープンロール機

2.1 オープンロール機の種類と危険性について

オープンロール機のサイズ・機種は、その1回の混練量からロール棒直径×ロール棒長さのインチサイズと呼ばれている。テストロール機から大型混練ロール機まで、2インチ単位での機種をロール機製作メーカーは標準に設計・製作している。研究用のテストロール機は、最近では4～14インチロール機までを、いわゆるBOX型のタイプとして販売している(図1)。

高木 康彦；関西ロール㈱(〒551-0002 大阪市大正区三軒家東3-11-54)代表取締役。昭和50年、大阪府立大学工学部金属学科卒業。同年4月、関西ロール㈱入社、現在に至る。専門は、各種ロール機のセールス・エンジニアリング。日本ゴム協会会員、日本ゴム機械懇話会(略称；JRM)会長。

※ 一定回転の標準仕様です。

図1 BOX型オープンロール機仕様例

寸法 D×L (mm)	1バッチ 容量	モーター 容量	標準 前ロール 回転	標準 後ロール 回転	大きさ (mm)			
					A	B	C.H	T.H
100×380 (4×10)	0.2～0.5kg	2.2KW 5 3.7	15rpm	18rpm	1,300	800	1,000	1,500
150×380 (6×15)	1kg	5.5KW 5 7.5	20rpm	24rpm	1,700	950	1,150	1,800
200×500 (8×20)	2.5kg	7.5KW 5 11	"	"	2,100	1,100	1,150	1,800
250×610 (10×24)	4kg	11KW 5 15	18rpm	22rpm	2,300	1,200	1,100	1,800
300×760 (12×30)	8kg	15KW 5 22	15rpm	18rpm	2,600	1,400	1,050	1,800
350×910 (14×36)	15kg	22KW 5 37	15rpm	18rpm	3,000	1,500	1,100	1,800

図2 コモンベット型オープンロール機仕様例³⁾

寸法 D×L (mm)	1バッチ 容量	モーター 容量	標準 前ロール 回転	標準 後ロール 回転	大きさ (mm)			
					A	B	C.H	T.H
407×1070 (16×42)	40kg	37KW 5 55	15rpm	18rpm	5,500	1,600	1,100	1,700
460×1250 (18×50)	60kg	55KW 5 75	15rpm	18rpm	6,000	1,750	1,100	1,700
560×1525 (22×60)	100kg	75KW 5 110	14rpm	16.5rpm	7,000	2,100	1,100	1,700
610×1830 (24×72)	150kg	110KW 5 150	14rpm	16rpm	7,700	2,300	1,100	1,800
660×2130 (26×84)	200kg	150KW 5 190	13rpm	15rpm	8,500	2,600	1,200	1,900
710×2285 (28×90)	250kg	190KW 5 300	12rpm	14rpm	9,500	3,300	1,250	2,100

また中型・大型混練用オープンロール機では、コモンベット型として16～28インチまでを標準に設計・製作している(図2)。ロール棹面長は基本的にはロール棹直径の2.5倍が標準であるが、樹脂業界の混練ロール機の場合は、3倍の長さの機種が標準である。

基本的にすべてのオープンロール機の作業は、標準的な混練作業中の材料の切り返し作業や各種の配合剤を投入・分散させる作業は勿論のこと、水平2本のロール棹からこぼれた材料の再投入や、両サイドのゴムヨセ木部の位置変更、前後ロール棹の間隔変更など、すべての作業が有人作業である。特にナイフを片手に持った、前ロール棹上での作業は非常に危険を伴う作業の為、熟練度が必要であり、過去の人災事故の例からみると、中型～大型ロール機の混練作業の場合、標準的な作業中より作業後のロール棹表面やゴムヨセ木部の清掃作業中に事故を起こすことが多く見受けられる。ロール機を停止させた状態で清掃作業を行うことが原則であるが、つい時間の短縮や、便利さからロール機を回転させながらの清掃作業中に事故が起こっている。また、ロール作業には手袋の着用を禁止している会社がほとんどであるが、やはり自身の指の荒れや、火傷防止のために着用した手袋に材料のゴムが粘着しそのまま指ま

で引き込まれる事故を起こしている。

また、テストロール機の作業の場合にも、作業者に熟練者が少ないことと、バンクへの距離が近いために、指はさみ事故を引き起こしている。

事故は、本人は勿論会社にとっても非常に厳しい状況を引き起こし、100%労災事故として監督署への届け出は勿論、本人には後遺症の残る災害となる。オープンロール機の最大の欠点と言わざるを得ない。

2.2 オープンロール機の安全装置の法的規則について

オープンロール機には労働安全基準に則した急停止装置及びその操作部を取り付けなければならない。詳細は昭和47年9月30日労働省告示第79号の「ゴム、ゴム化合物又は合成樹脂を練るロール機及びその急停止装置の構造規格」に定められているが、ここではその規則の重要部分と現状の装置についての解説を行う。

2.2.1 急停止装置の具備

オープンロール機は、ゴム等の原料または中間原料の粉碎、割り、すり碎き、混合、精練及び加熱等の作業に使用されるもので、その回転系の全慣性力はきわめて大きく、またゴム等の性状は粘性に富んでいるものが多い。したがって作業中、作業者の手や指がこれらの物とともにオーブ

ンロール機のロール棹のかみ合う部分に巻き込まれる恐れがあり、その災害による被害は極めて大きいものがある。

このような危険を防止するため、オープンロール機は、一定の性能を有し、非常の際作業者が自ら操作することができる急停止装置を備えているものでなければならないことと構造規格に規定されている⁴⁾。急停止装置の機能は、作動と同時に電氣的または機械的に制動作用を行うものでなければならない。

a) メカニカルブレーキ急停止装置

操作用スイッチにより電路を遮断すると同時に、車軸カップリングに取り付けてある電磁操作のメカニカル(バンド)ブレーキが働いて瞬間停止する装置である。

型式認定品としては福田式急停止機として広く用いられている。

b) 逆相制動による急停止装置

作用スイッチにより3相誘導電動機の2相を切り替えると、電動機は急に逆回転力を得て急速に停止の状態に至り、続いて逆転し始めるが、逆転の必要はない為、タイムリレー等により自動的に電動機の電源を遮断して停止させるものである。10年以上前には逆回転がロール機所有の会社・作業者に非常に興味をもたれ、当時の型式認定品としては宮腰式急停止機として市場に出回った。しかしながらロール作業中に作業者が安心してロール棹下側に手を持ってゆくときにこの急停止装置を誤って作動させると、反対に逆転時に指がロール棹に巻き込まれる可能性があるとの懸念や実災害から急速に使用機械が減少し、現在は型式認定品も販売されていないようである。

その他、マグネット・ブレーキ急停止機等も大手ゴム会社では独自の社内規則に従いロール機に使用しているが、型式認定品ではないため機械完成時に社団法人産業安全技術協会への申請と個別検定の審査に合格する必要がある。

表1 急停止装置に要求される性能⁴⁾

前部ロールの表面速度 (単位 メートル/分)	停止距離
30以下	前部ロールの 円周の3分の1
30をこえる場合	前部ロールの 円周の2.5分の1

表2 急停止装置操作部に要求される仕様⁴⁾

急停止装置の操作部の種類	位置
練りロール機の上方に取り付けられるもの	床面から1.8メートル以内
練りロール機の本体に 取り付けられるもの	作業者の腹部で操作するもの 床面から0.8メートル以上 1.1メートル以内
	作業者の膝で操作するもの 床面から0.4メートル以上 0.6メートル以内

備考 この表において、位置は、急停止装置の操作部の中心点を基準として測定するものとする。

約10年前から製作・販売されている油圧駆動式モーター式ロール機にも油圧式ブレーキが装着されているが、上記と同様に個別検定が必要である。

2.2.2 急停止装置の性能

オープンロール機の急停止装置は、ロールを無負荷で回転させた状態において、表1に掲げる前部ロールの表面速度に応じ、それぞれ同表に掲げる停止距離内で当該ロールを停止させることができる性能を有するものでなければならない。安全基準の厳しい会社では急停止装置の実施テストの頻度や、停止距離についても構造規格以上の厳しい判定を指定する例も増加している。

2.2.3 急停止装置の操作部

構造規格における急停止機の操作部については、オープンロール機の前面及び後面にそれぞれ1個を水平に設け、かつ、その長さはロール棹加工部分の長さ以上でなければならない。また急停止装置の操作部は表2に掲げる急停止装置の操作部の種類に応じ、それぞれ同表に掲げる位置に取り付けられ、かつ、作業者が緊急の際に容易に操作できるものでなければならない。

現状、ロール機製作メーカーは、テストロール機の場合はロール機上方に床面から1.8メートル以内にレバースイッチを前後各1個、及びロール機本体に膝で操作する膝押しスイッチを前後に各1個標準装着し、追加として角型や丸型の押しボタンスイッチをロール機の作業者近くに最大前後左右各1個(合計4個)の取り付けを行っている。

中型、大型のオープンロール機の場合は、やはりロール機上方にレバースイッチを前後1個と腹部バーを前後1個取り付けることが多いが、追加として足蹴りスイッチや、押しボタンスイッチも取り付けられることが多い。なお後述する自動装置の中のストックブレンダー装置(ミルブレンダー装置)付きのロール機の場合は、レバースイッチの代わりに、タッチスイッチをロール機上方に前後1個取り付けることが多い。いずれにしても作業者の作業性をできる限り損なわずに、しかも緊急時に確実・敏速に作業者が操作できる位置に取り付けられていることが緊急停止装置の操作部の要であり、ロール機使用会社及びロール機製作メーカーにとっては改良・改善のために常に試行錯誤による対策を講ずる必要のある重要なテーマの一つである。

2.2.4 緊急停止装置の表示

ロール機に取り付けられた緊急停止装置には見やすい場所に検定合格標章を取り付けなければならない。その標章には製造者名・製造年月・制動トルクの値を表示しなければならない。しかしながらこの検定標章の表示のない緊急停止装置を使用したオープンロール機が、まだまだ現実には使用されていることがあり、非常に危険な機械と言わざるを得ない。そのようなロール機を発見した場合は、メーカーは勿論、使用者も早急に検定品の緊急停止装置に取り

替えるべきである。

2.3 オープンロール機の安全性を踏まえた省人化装置について

現在のオープンロール機には、作業者の安全と省人化を加味した下記自動装置が各種取り付けられている。

2.3.1 ストックブレンダー装置(ミルブレンダー装置)

ロール作業者の繰り返し作業と繰り返し作業を自動化しロール棹面上での作業の軽減と時間管理による混練制御が可能なロール機上部に取り付けられた装置である。昔は特許装置であったが、特許が切れた現在は各ロール機メーカーが自社製作販売を行っている。

2.3.2 自動ゴムヨセ移動装置

ロール棹上面左右にセットされているゴムヨセ木部を油圧シリンダーまたは電動スクリューネジで、押しボタンによりゴム混練中にロールセンター方向に移動させゴムのバンクをまとめる装置である。片側のみの移動装置と両側とも移動出来る装置がある。この装置も作業者の危険軽減と混練時間の短縮に役立つ装置である。

またゴムヨセ木部の材質も、現在は異材混入や掃除の簡便さからオールモノマーキャストイロン製がゴム業界では多く、現在でも木部という名称で呼称されているものの、木材は使用されなくなっている。

2.3.3 電動ロール間隔装置

従来、ロール間隔は手動式レバーハンドルや、手動式ラチェットハンドルにて、作業者の人力で調整し、ゴムシートの厚みを変化させていたが、作業軽減と安全面からギヤードモーターによる電動式スクリューネジでの間隔調整装置が使用されている。特にゴム材料の混練中にロール間隔を狭めることが可能なため、作業の時間短縮にも役立つ装置である。またロール間隔を従来のアナログ目盛盤に付加して、デジタル表示させている場合が多く、より正確なシート厚みを得る役目も果たしているようである。

ロール機製作メーカーではインバーターモーターを使用し、万一の急停止機の作動に連動させ、ロール回転の停止と同時にロール間隔装置を倍速のスピードで逆転開放させ、最大25～30mmまで自動開放させる機構付きの装置も開発されており、安全面からユーザーに支持されている。

勿論ロール棹の接触防止と食い合いギヤの開放防止のために、電氣的に電動式間隔装置には閉限及び開限のスイッチを取り付けている。

3. 最新の安全装置について

様々なオープンロール機における安全装置及び操作部について説明してきたが、なかなか実際のロールの危険作業において巻き込み事故を未然に100%防ぐ装置や操作部は開発されていなかった。しかし平成15年1月に上市⁵⁾された装置の特殊センサー(LED)+特殊反射バンドによる

緊急停止操作部は、従来不可能とされた作業者の手首や腕のみを100%感知し、作業者の手や腕が危険なゾーン(バンク近く)に侵入した瞬間に自動的にロール機の急停止機を作動させロール機を停止させる画期的な安全装置として販売され、広く愛用されている。

この急停止機操作部は、特殊LED光電センサーと特殊反射バンドを利用したもので、ロール作業者の作業を制約しない画期的な安全装置である。

仕組み・使用方法是ロール棹上部に(前後共)50mmピッチで設置された特殊光電センサーが、作業者の両手首に巻かれた反射リストバンドの特殊反射光のみを検知し、ロール機の急停止機を瞬時に作動させ、ロール機を停止させる装置である。

作業中に作業者の手がセンサーで遮蔽している危険ゾーンにわずか1mmでも入った瞬間に正確に緊急停止装置を作動させる。また毎朝作業者がロール機のメイン電源を入れた場合、まず両手首にリストバンドを装着し、ロール上部のすべてのセンサーと反射確認作業を行い、すべてのセンサーがリストバンドを正確に感知することが確認できるまで、ロール機自身の回転スイッチが入らず、ロール機が運転できない事も、事前安全確認というこの装置の特徴の1つでもある。また確認時に不良なセンサーやリストバンドの汚れなどがあると不良センサー番号を専用盤内にデジタル表示して、作業者へ交換または清掃の指示を出す機能も併せ持っている。さらに検査後のロール機運転・作業中における万一のセンサーの断線や落雷・瞬間停電の際もこのセンサーは安全に作用し自動的にロール機を停止させる。

この装置は、新規のロール機には勿論、既設のロール機にもそのメーカーを問わず1日間での追加取り付けが可能で、発売開始から丸7年(2009年12月末)で500台の販売実績と爆発的な販売数になっている。これもこの装置の性能の高さとともにロール機使用会社のロール機の安全への長年の懸念の表れと言わざるを得ない。

一般的にロール作業者が作業中に自身で危険を感知してから従来の緊急停止操作部を作動させるまでの時間は0.6～0.8秒、その後操作部が作動してからロール機停止まではさらに0.1～0.2秒を要すると考えている。つまり従来の緊急停止用操作部では、作業者の手が危険なゾーンに入ってからロール機が停止するまでに、合計0.7～1.0秒の時間を要し、その時間内のロール棹の回転は仮に、直径16インチロール機で作業側回転数が15RPMの場合、 $16 \times 25.4 \times 3.14 \times 15 \times (0.7 \sim 1.0) / 60 =$ 停止距離223～319mmとなり指や手首がロール間に挟まれてしまう可能性が非常に大きい。

一方、このセンサー式の装置の場合は、作業者が操作部を作動させる必要はないため、実際は危険ゾーンに手が入

った0.1～0.2秒後にロール機は停止する。

上記と同じ条件の場合は

$16 \times 25.4 \times 3.14 \times 15 \times (0.1 \sim 0.2) / 60 =$ 停止距離 $32 \sim 64$ m となり指や手首がロール間に挟まれる前にロール機が停止することとなる。この瞬間的な作動時間が画期的な安全装置の最大の特徴であり、様々なユーザーに高く評価されている操作部である。

勿論ロール機を停止させる急停止装置自身は前述の法的な従来の急停止装置が必要である。この緊急停止操作部と前述の電動間隔自動開放装置を連動させるのが、最新式のロール安全装置である。勿論、この安全装置の操作部は、ロール機以外の危険なゴム機械にも取り付け可能で、すでに加圧プレス機・ニーダーのホッパー口・押出機のホッパー口・切断機の刃物付近に取り付け実績がある。

4. ま と め

簡単ではあるが、オープンロール機の安全装置についての説明をさせていただいた。ロール機を製作・販売する会社の代表として、100%ロール機での労災事故の防止が一生の目標であり、完全自動の無人ロール機の開発が最終目標である。

現状は、小型の6～8インチロール機では、ほぼ無人の全自動ロール機をゴム材料の大手製造メーカーとの共同開発にて実用化しゴム材料の製造現場での品質保証用に稼働させているし、樹脂材料の大手製造メーカーにも同様な自動ロール機を納入している。しかし残念ながら、中型～大

型の各種材料混練用のロール機での実用化には至っていない。

ゴム材料の反発力の大きさや、掃除の問題、ロール棹への粘着性、切り返し作業の自動化など、まだまだ様々な検討が必要である。

現状は、まだ有人でのオープンロール作業が必要である限り、ロール機の安全装置・操作部品はまだまだ開発・充実が必要とされているものである。

References

- 1) Fujitani, I.: In "Gomu Kougyo Binran (4th ed.)", Nippon Gomu Kyokai Ed., Tokyo, p.1068 (1994)
- 2) Henshu Inkai: *Nippon Gomu Kyokaishi*, **82**, 483 (2009)
- 3) Fujitani, I.: In "Gomu Kougyo Binran (4th ed.)", Nippon Gomu Kyokai Ed., Tokyo, p.1069 (1994)
- 4) Rodosho Kokujii No.79 : "Gomu, Gomukagobutsu mataha Goseijushi o Neru Roruki oyobi Sono Kyuteishi Sochi no Kozokikaku" (1972)
- 5) Mitsubishi Cable Industries, Ltd.: Jpn. Tokkyo Koho 3155486 (2001)

日本語表記参考文献

- 1) 藤谷岩男：ゴム工業便覧(第4版)，日本ゴム協会編，日本ゴム協会，東京，p.1068 (1994)
- 2) 編集委員会：日本ゴム協会誌，**82**，483 (2009)
- 3) 藤谷岩男：ゴム工業便覧(第4版)，日本ゴム協会編，日本ゴム協会，東京，p.1069 (1994)
- 4) 労働省告示第79号：ゴム，ゴム化合物又は合成樹脂を練るロール機及びその急停止装置の構造規格 (1972)
- 5) 三菱電線工業株式会社：特許3155486号 (2001)

第46回夏期講座テキスト頒布について

去る7月8日(木)，9(金)の両日，東京理科大学において開催いたしました第46回夏期講座「ソフトマテリアル：基礎と現状を見つめ直して近未来へ」につきまして，残念ながら当日ご参加できなかった方のために，講座で使ったテキストを頒布いたします。

購入ご希望の方は，本会・図書係までご注文下さい。

FAX. 03(3401)4143

E-mail : srij@srij.or.jp

1冊 5,250円(税込み・送料別)

(内 容)

ソフトマテリアル総論 ～材料としての将来展望～

射出成形における樹脂流動可視化と部品の変形メカニズム

ゴム材料のガラス転移現象と粘弾性

物理架橋と化学架橋のゴム弾性への寄与

江戸の食事情 一味覚のクロスワード 江戸ー

畜電性ゴムを用いたLiバッテリーの開発

ゴム物性が期待できるゲル

ソフトマテリアルとロボティクス

室温成形可能な分解性ポリエステル・エラストマー

易加工性EPDMの開発

新規水添スチレン系熱可塑性エラストマーと拡大する用途