الفصل السابع

صناعة الأفلام والشرائط

تصنع الأفلام والشرائط من محلول أحد مشتقات السليلوز بعملية الصب casting or pouring . والشرائط foils تبلغ من دقة السمك حداً لا يتجاوز ١ ملي mil وتليها الأفلام films التي يتراوح سمكها بين ١٥٠ ملي (١ ملي = $\frac{1}{1000}$ بوصة) .

١ — نبذة تاريخية

تعتمد عملية صب الأفلام على أن مادة اللدائن التي تُحل في المذيب المناسب ، تكوّن محلولاً لزجة ، وهذه عند صبها على زجاج أو سطح آخر غير منفذ تنتشر على هيئة طبقة وتتجمد عند تبخر المذيب منها . ويعتمد سمك هذه الطبقة على لزوجة المحلول وعلى سرعة تجمده ، وبالتسخين الهين يمكن تبخير المذيب كله فيه في فلم من اللدائن يمكن نزعه عن السطح . وقد تمت مثل هذه العملية لأول مرة في عام ١٨٤٦ على يدي شونبين Schonbein الذي اخترع قطن الكلوديون collodion وهو نيترو سليلوز يحتوي على نسبة كبيرة من النتروجين ، وقد اقترح استعمال هذه المادة في في صنع أوراق البنكنوت لمتانتها ومقاومتها للماء . وإدخال أفلام

النيتروسليلوز فى عمليات التصوير له قصة مسلية. فى سنة ١٨٦١ اخترع روسل Russell عملية الكلوديون الرطب wet-collodion process وذلك بأخذ محاليل من النيتروسليلوز تحتوى على يوديد الأمونيوم وصبها على ألواح زجاجية ثم غمسها فى محلول نترات الفضة وقد نتج عن ذلك تكون يوديد الفضة فى طبقة النيتروسليلوز علاوة على نترات الفضة الباقية بدون تحول التى تعمل كعامل حساس، والتى تزيد تأثير الضوء على يوديد الفضة، والألواح المصنوعة بهذه الكيفية يجب أن تستعمل فى الحال ولكن وجد فيما بعد أن فى الإمكان غسل هذه الألواح بالماء فيذيب نترات الفضة الزائدة ويصبح اللوح غير حساس فيمكن خزنه، وعند الاستعمال يمكن استعادة حساسيته بغمس اللوح فى محلول التانين tannin وتجفيفه، وهذه هى عملية لوح الكلوديون الجاف collodion dry plate process.

وهكذا تمت الاستعانة بطبقات النيتروسليلوز فى العمليات الفوتوغرافية، ولكن خطوات أخرى كثيرة قد تمت قبل الوصول إلى الفيلم الحالى. وأول هذه الخطوات قام بها كاربوت carbutt عام ١٨٨٤ إذ استعمل ألواح سميكة من السليلويد (أى نيتروسليلوز محول إلى لدائن بواسطة الكافور) محل ألواح الزجاج التى كانت تستعمل فى ذلك الوقت، كدعامة تغطى بطبقة غروية من الجيلاتين الذى حل محل طبقات الكلوديون المستعملة فى الطرق القديمة

الرطبة والجافة . وقد فكر إيستمان Eastman بعد ذلك فى إنتاج فيلم متصل يمكن طيه على هيئة لفة وقد تمكن من إنتاج مثل هذا الفيلم بتغطية الورق بالمادة الفروية وكان هذا الورق يشرب بالزيت بعد ذلك ليصبح شفافا ولكن مثل هذا الوسط غير شفاف بما فيه الكفاية لذا تحول إيستمان إلى استعمال السليلويد وتمكن من إنتاج فلم يشبه الأفلام الحالية وتتلخص طريقته فيما يلى : —

يؤخذ الورق ويغطى بطبقة من الجيلاتين منفردا ثم يتبع ذلك إضافة محلول من النيتروسليلوز والكافور الذى يكون غشاء من السليلويد متماسكا مع طبقة الجيلاتين تحته ، ثم يغطى هذا الغشاء بالمادة الفروية الحساسة وفى أثناء عملية التحميض تلين طبقة الجيلاتين التى تفصل بين الورق وبين غشاء السليلويد فيسهل نزع الورق ويتبقى عندئذ شريط متواصل من السليلويد يمكن طيه على هيئة لفة . وكان هذا هو أساس صناعة الأفلام بوضعها الحالى .

وفى سنة ١٨٨٩ استطاع Reichenbach وهو عامل فى معامل كوداك أن يصمم آلة لإنتاج دعامة من مادة السليلويد بدون الدعامة الأصلية المصنوعة من الورق . وفى سنة ١٨٩٢ أدخل كوداك تعديلا جديداً هو استعمال طبقة ظهرية من الجيلاتين لتمنع التواء الفيلم .

وكان تحضير دعامة الفيلم يتم أول الأمر بنشر محلول النيتروسليلوز على هيئة طبقة متساوية السمك على منضدة من الزجاج

مصنوعة من عدة أطوال من الزجاج تلتصق نهاياتها ببعضها ، ثم تترك لتجف تماما ، وأخيرا تطلى بالمادة الغروية وكانت الأفلام تقص بعد ذلك إلى العرض المطلوب وتلف على بكر .

وفى سنة ١٨٩٩ اخترعت طريقة الصب على اسطوانات متواصلة الدوران وهى تعطى أفلاما متساوية السمك وتجعل الإنتاج ممكنا طوال ٢٤ ساعة فى اليوم ، وفى بحر السنوات الأخيرة فى القرن الماضى بذلت محاولات لاستعمال مواد خام أخرى فى إنتاج أفلام وأشرطة شفافة وقد أتاح اكتشاف الفيسكوز Viscose الفرصة لمحاولة الانتفاع به فى هذا السبيل فكانت تمرر طبقات المحلول الموضوعة على حامل مناسب خلال الماء حيث تتجمع coagulate أو كما يقول الكيميائى ترسب Precipitate فتعطى شريطا منتفخا بالماء يجف إلى شريط شفاف متين . وقد أدت سنوات من البحث المرهق إلى إنتاج أشرطة ولفائف السليلوز المألوفة الآن لكل إنسان تحت الأسماء التجارية السيلوفان cellophane والرايوفان Rayophane الخ . وأشرطة الفسكوز عبارة عن سليلوز مع جلسرين أو عامل ملين مماثل .

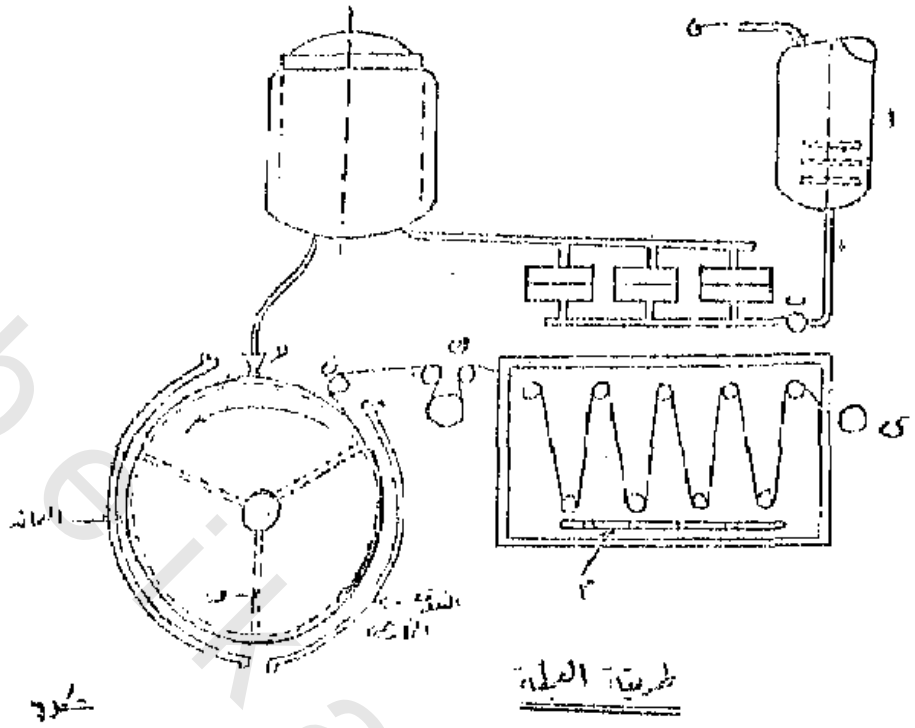
٢ — صناعة الأفلام :

تصنع الأفلام على نطاق واسع بطريقتان مختلفتان ، إحداهما

طريقة العجلة wheel method والأخرى طريقه الشريط Band method .

وكما سبق القول كانت الأفلام تصب على مناضد زجاجية قد تصل إلى ٢٠٠ قدم فى طولها وهذا الطول يعتبر غير كاف لاستعماله فى الأشرطة السينمائية ، وقد استبدلت هذه الطريقة فى أول هذا القرن بطريقة الصب المستمر على سطح عجلة كبيرة تدور ببطء ، ومثل هذه العجلات يبلغ قطرها ١٥ أو ١٨ قدما وعرضها حوالى ٤ أقدام ، وسطحها مصقول ومصنوع من الفضة أو الصلب الذى لا يصدأ وهى قادرة على إنتاج أفلام من نترات السليلوز أو خلات السليلوز بدون توقف لمدة طويلة . وهذه العجلات مغلفة من الداخل حيث يمكن إمرار الماء فى درجة حرارة مناسبة فى الفراغ بين هذين السطحين المركزيين ، أما تسخين طبقة السائل لتبخير المذيب فيتم بواسطة غلاف خارجى يشترك مع العجلة فى المركز ويمر خلاله بخار أو ماء ساخن . هذا ولا تتم عملية تبخير المذيب كلية على سطح العجلة وإنما بعملية أخرى تالية ويمثل شكل (٦) تفاصيل هذه الطريقة تخطيطيا أما التفاصيل الفعلية الدقيقة فتعتبر من الأسرار التى يحتفظ بها أرباب هذه الصناعة .

(ا) وعاء مزود بمقلب Stirrer وفتحة ذات غطاء يملأ خلالها الوعاء بالنيترو سليلوز والكافور (أو خلات السليلوز ومكون لذائن مناسب) أما المذيب الضرورى وهو يتكون من

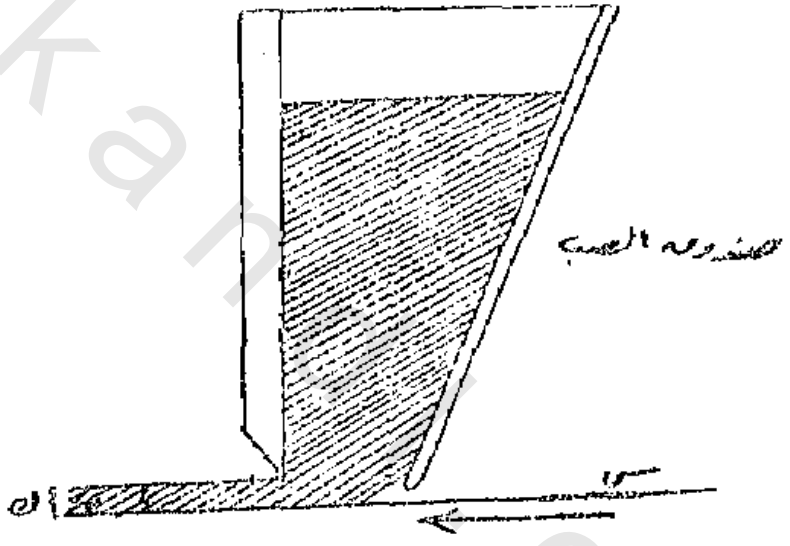


طريقة العملية

مزيج من الايثير والكحول فى حالة السليلويد ، ومن الاسيتون فى حالة خلات السليلوز فقد سبق إضافته خلال أنبوبة المذيب (س). وفى بضع ساعات يسبب دوران المحرك انتشار اللدائن فى المذيب فيتكون محلول متجانس غليظ القوام يحتوى بوجه عام على ٢٥ ٪ من اللدائن الصلبة .

يحتاج المحلول الآن لعملية ترشيح ويتم هـذا بدفعه خلال مجموعة من الألواح المكونة من المواد المرشحة كنسيج الجامجى gamgee tiss. والكامبريك cambric . وعملية دفع السائل خلال هذه الطبقات تتم بالاستعانة بمضخة (ب) ، والمواد المرشحة توضع بين ألواح من المعدن (ح) ثم يمرر السائل بعد ذلك فى (ى) وهو وعاء مزود بغلاف يمرر خلاله البخار فيسخن السائل

حتى يطرد منه الهواء الذى لو ترك لسبب تكون فقاعات عند صب الفيلم . وبعد التسخين يترك السائل مدة يتم خلالها تصاعد الفقاقيع إلى السطح ويصبح السائل معداً للمرور إلى صندوق الصب أو الناشر spreader (هـ) وصندوق الصب هذا يجعل السائل يلامس السطح الدائر الذى يحمل فى أثناء مروره طبقة من السائل يمتد سمكها على مدى ارتفاع شفرة الناشر الأمامية عن السطح المتحرك . وشكل (٧) يمثل الناشر (أو صندوق الصب)



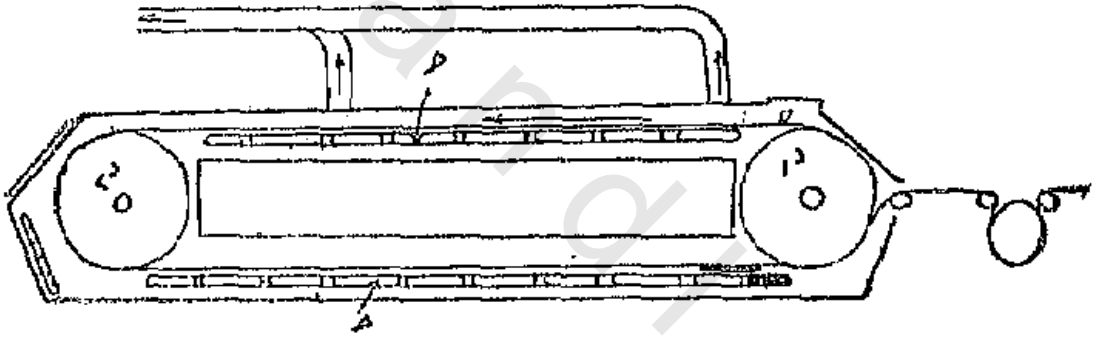
وهو مثبت بكيفية تجعل من الممكن رفعه أو خفضه بالنسبة للسطح المتحرك (س) فتتغير قيمة (ك) ويتغير تبعا لها سمك الفلم المصبوب كما يمكن إدارته قليلا لكى يجعل الشفرة الخلفية مقاربة للسطح بدرجة لا تسمح برجوع السائل إلى الخلف . وتختلف سرعة العجلة الدائرة حسب سمك الفلم وتبعاً لاعتبارات أخرى ، وغالى

سبيل المثال قد تكون هذه السرعة هى ياردة فى الدقيقة . وتحفظ طبقة السائل على سطح المجلة فى درجة حرارة منخفضة نسبياً لمنع تكون الفقاقيع فى حالة غليان المذيب — وذلك بإمرار تيار من الماء خلال الغلاف الداخلى (و) بينما تساعد الحرارة المنبعثة من الغلاف الخارجى على تبخير المذيب ببطء . وعندما تتم دورة المجلة يصل الفلم إلى العجلة الاسطوانية (ه) ويكون فى حالة تماسك (بالنسبة لتطاير المذيب) كافية لنزعه باستمرار عن المجلة ، ويتم سحب الفلم بواسطه الجزء (ك) وهو مجموعة من الاسطوانات المتحركة ثم يمر الفلم بعد هـذا فى حجرة التجفيف التى تسخن بالبخار المار فى الأنابيب الحلزونية (م) وعند خروجها من هذه الحجرة تكون قد فقدت المذيب وتصبح معدة للف على بكرة في (ى) . أما الهواء المشبع بالمذيب فيسحب من حول المجلة ويكثف منه المذيب لاستعماله ثانية نظراً لقيمته ، وفى الحقيقة يعتمد نجاح هذه الطريقة من الناحية الاقتصادية على استعادة هذا المذيب التى يمكن أن تصل إلى ٩٠٪ .

أما الطريقة الثانية وهى طريقة الشريط Band process فقد ازدهرت إلى حد كبير وهى مدينة بنجاحها للاشرطة المعدنية التى انتجتها ألمانيا والنمسا والتى تعتبر أهم جزء فى الآلة . وهذه الأشرطة ليس لها نهاية بمعنى أن أولهـا متصل بآخرها وتلحم الأطراف بكيفية تجعلها غير مرئية فلا يختلف الجزء الملحوم عن

بقية الأجزاء فى ملاسته وهذه الأشرطة كانت تصنع من النحاس ثم أصبحت تصنع من النيكل فيما بعد ، ويبلغ طولها ٢٨ مترا أو ٩٢٫٥ قدم وعرضها ٥٤ بوصة ؛ وقد صنعت أشرطة أطول من ذلك . وعملية الصب على هـذا الشريط تشبه عملية الصب على العجلة ، وقد كان من الممكن خلال الخمسة عشر أو العشرين عاما الأخيرة الحصول على آلة من ألمانيا مزودة بتركيبات خاصة للتبريد على جوانب الآلة لتكثيف المذيب المتطاير من السائل واستعماله ثانية .

والشكل التخطيطى رقم (٨) يمثل هذه الآلة محذوفا منها الجزء



شكل ٨

طريقة الشريط

الذى يتم فيه التخلص من المذيب كلية وهو كالجزء المماثل له فى الآلة الأخرى تماما . يحمل الشريط المعدنى على طبلتين drums $د_1$ ، $د_2$ ويدعم بعدة عجلات اسطوانية تحت جزئه العلوى ، ويتراوح قطر هذه الطبلة بين قدمين و٦ بوصات وثلاثة أقدام و٦ بوصات حسب حجم الآلة ، وتزود إحداهما على الأقل بغلاف يمر خلاله ماء التبريد ويسير الشريط المعدنى كله داخل خزانة من الصلب لهـا نوافذ

للمراقبة فى جوانبها ، وهناك ملفات تسخين (حـ) تحت الشريط فى الجزء العلوى والسفلى من الخزانة وأيضاً عند نهاية الآلة بجوار الطبلة الخلفيـة ء ، وأحيانا تستبدل ملفات التبريد على جوانب الشريط ، التى تستعمل فى تكثيف المذيب المتبخر من السائل — تستبدل بوحدة تكثيف خارجية تسحب الهواء المحمل بالمذيب خلال مبرد مكيف refrigerated cooler ثم يعاد الهواء إلى الآلة بعد تجريده من معظم مايحويه من مذيب . وقد استبدلت أخيراً هذه الطريقة بطريقة أخرى تتلخص فى سحب الهواء المحمل بالمذيب وإمراره فى طبقـات من نوع خاص من الفحم يمتص المذيب ويحتفظ به مخلصا الهواء منه كلية ، ويستخلص المذيب من الفحم بإمرار بخار ماء يحمل المذيب ، ثم يكثف المزيج الناتج ويفرق بتقطيره .

وقد وجد أن سطح الشريط النحاسى لا يصلح للصب فوقه مباشرة ولذلك يغطى بطبقة من الجيلاتين وهى الفكرة التى سبق أن ابتكرها ايستمان فى دعم فلم النيتروسليلوز بطبقة من الجيلاتين ويتم ذلك بارسال طبقة من الجيلاتين الملين بالجلسرين على سطح الشريط المعدنى بالاستعانة بناشر spreader يغذى بمحلول ساخن من الجيلاتين ، ويكون تركيز هذا المحلول بحيث يتحول عند تبريده إلى طبقة متماسكة تشبه الألماظية edible jelly وتتم عملية التبريد بإمرار ماء بارد فى الطبل (ء) ويصمم الناشر بحيث يقطع

انسياب محلول الجيلاتين فى اللحظة التى تصل فيها بداية طبقة الجيلاتين تحت الناشر بعد دوران الشريط دورة كاملة وقد صممت طريقة لإزالة أى تعرجات فى هـذا الجزء من شريط الجيلاتين فيكون بعد اتمامه الدورة ووصوله تحت الناشر ذا حافة مستقيمة فيلتحم بوسيلة خاصة بنهاية الشريط الذى يتكون عند غلق الناشر غلقا قاطعاً ويصير موضع الالتحام غير مرئى ، وهكذا يصبح الشريط المعدنى الآن مغطى كلية بطبقة لينة من الجيلاتين البارد وبتسخين هذه الطبقة تسخيناً هينا أثناء دوران الشريط ببطء تتجمد إلى سطح مصقول يصب عليه المحلول المطلوب ، كمحلول خلات السليلوز فى الاسيتون ، بواسطة صندوق الصب بنفس الكيفية التى تتم بها هذه العملية فى حالة الآلة ذات العجلة ، ويلاحظ أن محلول النيتروسليلوز الذى يحوى مزيج الايثير والكحول كمذيب لا يمكن صبه مباشرة على طبقة الجيلاتين لأن الكحول يسبب التصاق الفيلم بالجيلاتين ، ويمكن التغلب على هذه العقبة بصب طبقة من خلات السليلوز فوق الجيلاتين ثم يصب محلول النيتروسليلوز فوق طبقة خلات السليلوز وذلك لعدم قابلية خلات السليلوز للذوبان فى الكحول .

ومن ضمن الاعتراضات التى توجه إلى شريط الجيلاتين هو قصر عمره . فهى بالرغم من إعطائها أفلام ذات سطح متناهى فى الصقل إلا أنها معرضة للتلف وتميل تحت ظروف خاصة إلى

التشقق والانفصال عن الشريط المعدنى وبالرغم من ذلك فإن للعملية مزاياها إذ أن شريطا يبلغ من الطول ٢٨ متراً يعادل عجلة ذات قطر يبلغ ٣٠ قدما تقريبا وهو مالا يمكن تحقيقه عملياً .

وقد بذلت محاولات للتغلب على مشكلة الجيلاتين باستعمال معادن أخرى ، وفعلا استعملت أشرطة من النيكل طولها ٢٨ مترا وعرضها ٥٠ بوصة ، ولكن هناك صعوبات فى صقل مثل هذا الشريط وهو كذلك يتآكل من تأثير محلول خلات السليلوز . وتستعمل كذلك أشرطة من الصلب الذى لا يصدأ ، ولكن هناك نفس عقبات الصقل .

ويزداد الاتجاه نحو استعمال العجلات لأن من السهل صقلها .

والأفلام الفوتوغرافية تصب بعرض ٤٣ بوصة تقريباً أما طولها فهو عادة ١٠٠٠ قدم وأفلام السينما يبلغ طولها هذا الرقم أو مضاعفاته . والاختلاف فى السمك المسموح به لا يزيد عن ٠٠٠٢ من البوصة ، ويجب أن تكون الأفلام الفوتوغرافية خالية من أى فقاعات أو خدوش أو آثار الغبار . وفى الواقع تعتبر صناعة الافلام الفوتوغرافية من الأمور المتناهية فى الصعوبة

٣ — خواص الأفلام :

ينحصر كلامنا حتى الآن فى صناعة دعامة الفيلم film base or support أى الجزء الذى يحمل طبقة المواد

الكيميائية الحساسة لأن ما يلى ذلك من الكلام عن هذه المواد الحساسة ينتمى إلى موضوع التصوير ، ولذلك يكتفى بالقول بأن دعامة الفيلم تغطى كلها بالمحلول الغروى المناسب ثم تقطع إلى شرائط ضيقة بالعرض والطول المطلوبين . وفى حالة أفلام أشعة إكس تستعمل دعامة الفيلم من الخلات ويبلغ سمكها ٨ أو ٩ من ألف من البوصة كما أنها تطلى بالمادة الحساسة على وجهيها .

وتختلف استرات السليلوز المستعملة فى الأفلام اختلافا قليلا عن تلك التى تستعمل فى إنتاج اللدائن بالطرق الأخرى ، فمثلا النيتروسليلوز بدل أن يحوى ١٠ر٨ — ١١ر١ ٪ نيتروجين فى الأحوال الأخرى ، يحوى فى حالة الأفلام ١١ر٧ ٪ وهى نسبة اختيرت لشدة قابلية هذا النوع للذوبان فى مزيج الإيتير والكحول ولشدة مقاومتها للماء . كما أن خلات السليلوز المستعملة فى الأفلام تحوى نسبة من حامض الخليك المتحد أكبر ٣ ٪ من نسبته فى الخلات المستعملة فى صناعة الألواح مثلا . ومن مزايا ذلك المقاومة المتزايدة للماء وهى مسألة لها أهميتها فى عملية التحميض . ويستعمل فيلم خلات السليلوز فى الأحوال التى يخشى فيها من الحريق ، وقد بدأ الاتجاه إلى استعماله فى صور أشعة إكس بعد الحريق الذى قام بمستشفى كليفلاند فى أمريكا فقد أدى احتراق عدد كبير من أفلام أشعة إكس المصنوعة من النيتروسليلوز إلى وفاة بضعة أشخاص .

وقد قامت أبحاث فى المانيا وفرنسا لاستعمال أفلام من ثلاثى خلات السليلوز cellulose triacetate لما يمتاز به من شدة مقاومته الماء ، ولكن مستقبل هذا النوع غير مؤكد لأن المزيج المذيب مرتفع القيمة إذ يتكون من كلوريد الميثيلين methylene chloride والكحول كما أن عملية الصب صعبة .

ظلت صناعة الأشرطة ردحا طويلا من الزمن مقتصرة على استعمالها فى أفلام التصوير ثم بدئ فى صنع أشرطة معينة لاستعمالها فى أغراض أخرى منها شريط معين يستعمل كبديل للفم الفاينى فى أطراف السجاير (تم ذلك سنة ١٩٢٨) وحوالى هذا الوقت بدأ الاهتمام بإمكان استخدام أفلام الخلات فى العزل الكهربائى ، وفى سنة ١٩٣٠ أنتجت لفائف من خلات السليلوز تبلغ $\frac{1}{1000}$ من البوصة فى السمك لاستعمالها فى الأغراض التى تستعمل لها أوراق السيلوفان المصنوعة من الفيسكوز . ولكن هذا الاتجاه لم يكن موفقا لأن الخلات أغلى من الفيسكوز ، كما أن عملية الصب تحتاج إلى استعمال كميات كبيرة من المذيبات الغالية بينما يستعمل الماء فى حالة محلول الفيسكوز ويتم صنعه بإمرار المحلول فى حمام مرسب كبير الطول والعملية تمتاز بالسرعة الفائقة فى الإنتاج مما يجعل منافسة الأشرطة المصنوعة بطريقة الصب والتبخير أمرا غير ممكن .

وتدخل الأشرطة السميكة فى صناعة العلب والأوعية الأنبوبية وأغلفة فرش الأسنان وغير ذلك من الأدوات النسائية الاستعمال .