المتطلبات التكنولوجية لانتاج المجسمات الزجاجية باستخدام الطابعة ثلاثية الابعاد

م.د/ دعاء حامد حسين عبد النبي

مدرس بقسم الزجاج –كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

مقدمه:–

تعتبر طريقة انتاج المجسمات الزجاجية داخل قالب من أقدم الطرق الانتاجية منها اليدوي ومنها الآلي وتعددت الخامات المستخدمة في صناعة القوالب منها الخشبي والحراري والمعدني لكن مع التطور التكنولوجي المتسارع اصبح انتاج المجسمات الزجاجية بدون قالب ممكنا بل حقيقة ملموسة نراها باعيننا عن طريق التحكم التكنولوجي عن طريق الحاسب الالي CNC ووضع التصميم على شاشة الحاسب بكل تفاصيله واحداثيات نقاطة في الفراغ ليتشكل الزجاج بطبقات متراكبة فوق بعضها البعض بالتحكم في درجة حرارة الانصهار والليونة بحيث يحافظ على التصميم ثلاثي الابعاد وعليه فقد أمكن تحديد

مشكلة البحث:–عدم توفر المعلومات التكنولوجية الخاصة بانتاج المجسمات الزجاجية باستخدام الطابعة ثلاثية الابعاد

هدف البحث:–تحديد المتطلبات التكنولوجية لصناعة المجسمات الزجاجية بالطابعة ثلاثية الابعاد

أهمية البحث:–مواكبة التطور التكنولوجي السريع في صناعة الزجاج وتوفير المعلومات اللازمة للمصمم الزجاج لتطوير تصميماته لتلائم احدث التقنيات.

ولتحقيق هدف البحث يجب دراسة طرق انتاج الزجاج بالطابعة ثلاثية الابعاد ودراسة مراحل عمل ماكينة G3DP ودراسة البدائل التصميمية ثلاثية الابعاد المقترحة على الحاسب الالي ثم تحقيق النتائج من خلال المنتجات الزجاجية بال G3DP

الزجاج بالطابعة ثلاثية الابعاد يحوي عدد لا محدود من التطبيقات رخيصة الثمن ولها القدرة على المنافسة في السوق مقارنة بالطرق التقليدية التي تنتج 4 مليون طن سنويا 90% منها لحاويات الطعام ولقد تم تطوير هذه الصناعة في معهد **MIT الطريقة الجديدة استخدمت المصهور الزجاجي داخل الطابعة ثلاثية الابعاد G3DP***

شكل (1) يوضح انتاج الزجاج التقليدي

DOI:10.12816/0038030

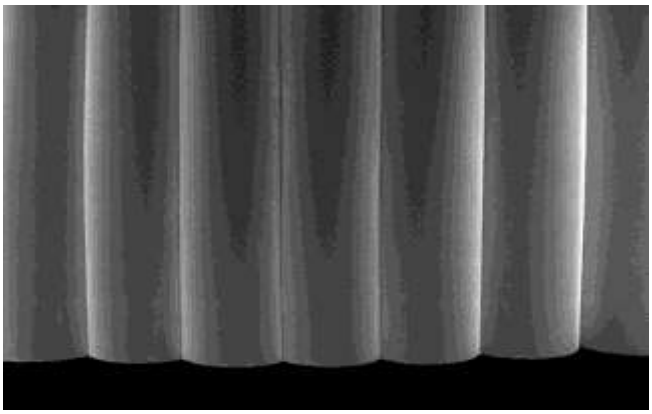
** (MIT) Massachusetts Institute of Technology معهد تكنولوجي للزجاج.***G3DP اختصار طباعة الزجاج ثلاثية الابعاد.

–في بداية الامر حاول بعض الباحثيين طباعة الاجسام الزجاجية عن طريق جزيئات صغيرة الحجم من الزجاج

لكن احتاجت الي درجات عالية من الحرارة لصهر الزجاج للتشكيل عن طريق تلبيدها مع بعضها البعض وبالوصول الي هذه الدرجات المرتفعة من الحرارة كانت قد فقدت شفافيتها وقوتها واصبح الزجاج هش ومتبلور.

ثم كانت المحاولة الثانية باستخدام مصهور الزجاج عند درجة حرارة 1900 ° فهرنهيت وكانت هذه الدرجة العالية صعب التشكيل عندها مع احتفاظ الزجاج بطبقاته وبالتصميم المطلوب فتوصلوا الباحثيين الي تقسيم الماكينة الي ثلاث اجزاء مختلفة في درجات الحرارة لنجاح التشكيل خزان علوي لاحتواء مصهور الزجاج ثم فوهة في الجزء السفلي من تلك الغرفة وغرفة سفلية لتشكيل الزجاج بداخلها.

والمحاولة الثالثة ان قسموا الجهاز الي غرفتان معزولتان واحدة تمثل فرن للحفاظ على درجة حرارة 1000 ° سليزية للمصهور الزجاجي (درجة الحرارة الضرورية لتشكيل الزجاج) وتعمل كحاويات الحبر في الطابعة التقليدية من خلال هذه الغرفة يتدفق لزجاج من خلال فتحة التغذية لتشكيل طبقات تمثل الهيكل العام للمنتج بتبريدها بدلا من وضعها في قالب *.



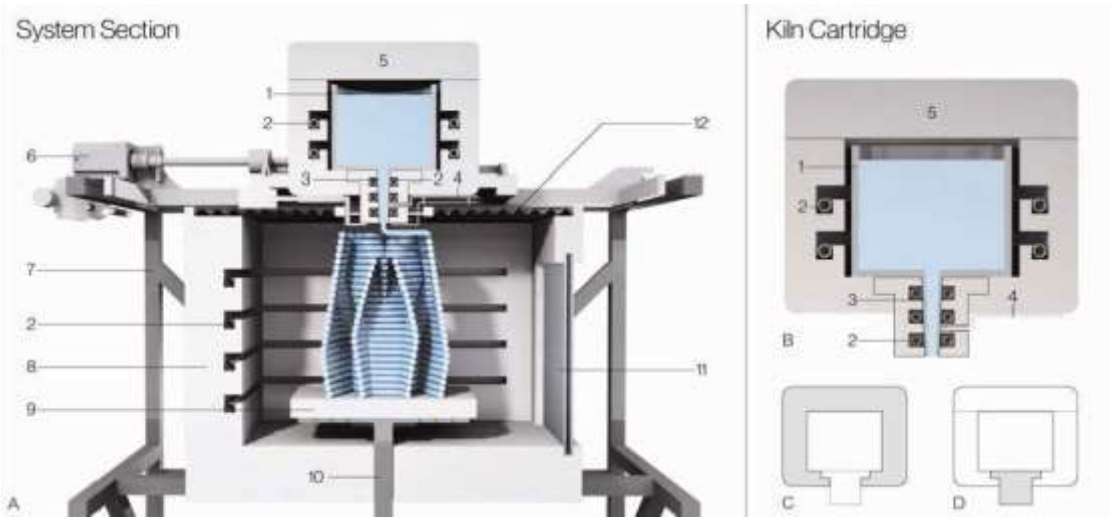
شكل(2) يوضح تصوير بالميكرسكوب الالكتروني لمنشور زجاجي مصنوع بال G3DP

قدمت هذه التكنولوجيا بديل جديد للصناعة اكثر مرونة وتنوع من الانتاج التقليدي للزجاج منتجات اساسها هندسي ولها انعكاسات بصرية وانكسارات ضوئية نتيجه لطبقات الزجاج وشفافيته ولونه وانتجت نوعيات لا تشبه النوعيات التقليدية التي تنتج بالنفخ والكبس ذات الملمس الناعم من الداخل كما هو معتاد بل اصبح به تدرجات هندسية معقدة ولها بدائل عديدة من الناحية التصميمية التي يستخدم الحاسب الالي في تصميمها وتعتبر صناعة الزجاج من اهم الصناعات التي تدخل في التعبئة وفي التصميم الداخلي وفي قطاعات السيارات والطب والطاقة المتجددة .

*Professor Neri Oxman

ماكينة G3DP تتكون من ثلاثة أفران (فرن صهر – فرن للتشكيل بداخلة – فرن تبريد) ومنضدة متحركة في الاتجاهات الثلاثة (x–y–z) وحاسب الي للتحكم

مراحل العمل :– صهر الزجاج وأخذ الجمعة الزجاجية لتعبأة البوتقة المغذية لفتحة الفوهة التي يتدفق منها الزجاج لتنفيذ التصميم المطلوب بطبقات متراكبة يخرج المنتج لفرن التبريد



شكل تخطيطي (3) يوضح مقطع رأسي للماكينه G3DP

1–المصهور الزجاجي 2–اسلاك حلزونية 3– فتحة التغذية 4– التحكم في قص الجمعه الزجاجية عن طريق الهواء المضغوط 5– غطاء يفتح لتغذية الفرن بالمصهور 6– حامل للفرن 7– دعامات معدنية 8– جدار للعزل الحراري 9– منضدة متحركه في الاتجاهات الثلاثة 10– عمود للتحكم في حركة المنضدة 11– العازل الحراري

طريقة عمل الماكينة الجزء العلوي من الطابعة عبارة عن فرن صغير Kiln لكي يدخل المستخدم الزجاج المصهور يشعل الفرن حتى يصل لدرجة حرارة 1900 ° فهرنهيت من السهل صهر الزجاج بداخله

الجزء السفلي من الطابعة بها فتحة التغذية مركبه من الومنيا زركونيا سيليكا لها نفس وظيفة فتحة تغذية hotend في الطابعه ثلاثية الابعاد

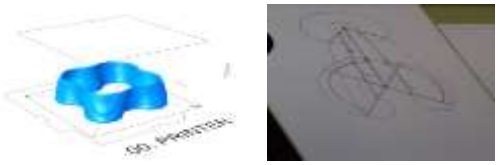
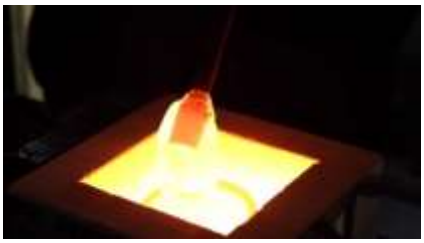
الزجاج المصهور يتدفق عبر فتحة التغذية ليبرد ويتصلب ببطء ، وعند انتهاء العمل يتم خفض درجة حرارة فتحة التغذية عن طريق الهواء المضغوط

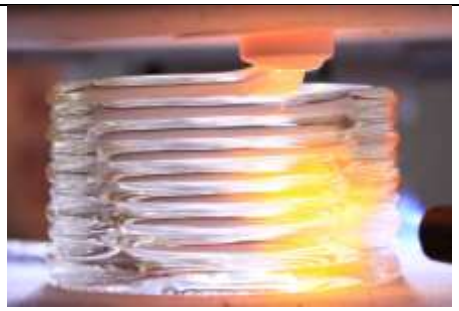
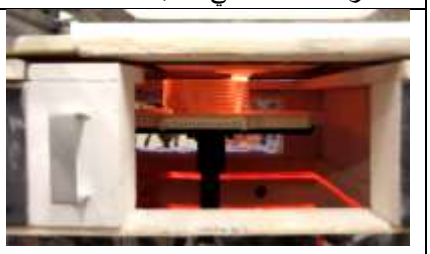
الجدار العازل للطابعه منشأ من الومنيوم 20/80 ودعامات من الصلب ويستخدم 3 مواتير متحركة مستقلة ويقود كل هذا نظام روافع يشبه في حركته الطابعه ثلاثية الابعاد

وكان ارتفاع طبقة الزجاج 4.5 مم وعرضها 7.95 مم وكانت دقيقة للغاية ولوحظ انحراف +_0.18 مم ل 0.13 مم اي 2.25% من سمك الجدار الكلي وكان اقصى انحراف 0.4 مم لذلك يمكن اعتبار مقدار السماحية 0.5 مم لتصنيع الاجسام الزجاجية المطبوعة

مراحل عمل الماكينه:-

تمر عملية انتاج الزجاج بالG3DP بمراحل متعددة وهي وضع التصميم ثلاثي الابعاد المراد تنفيذه على الحاسب الالي المتصل بالماكينة لبرمجتها باحداثيات النقاط التي تتحرك على اساسها فتحة الفوهة للتشكيل ثم وضع المصهور الزجاجي داخل الفرن العلوي في ماكينة الطباعة ثم قص المصهور الزجاجي وتدفق المصهور عبر فتحة الفوهة لتشكيل المنتج على هيئة طبقات متراصة فوق بعضها البعض نتيجة لتحرك المنضدة في الاتجاهات الفراغية (X-Y-Z) وعند اتمام عملية التشكيل يتم انهاء التدفق للمصهور الزجاجي عن طريق الهواء المضغوط عند فتحة التغذية وخروج المنتج بعد ذلك لفرن التبريد.

1-وضع التصميم ثلاثي الابعاد على الحاسب الآلي	2-وضع المصهور الزجاجي داخل الغرفة العلوية في ماكينه الطباعة
	
شكل (4) يوضح وضع التصميم ثلاثي الابعاد على الحاسب الآلي	شكل (5) يوضح وضع الزجاج المصهور داخل الغرفة العلوية
3- قص الزجاج المصهور بالمقص اليدوي	4- الغرفة السفلية للماكينة
شكل (6) يوضح قص الزجاج بالطريقة التقليدية الغرفة السفلية للماكينه	شكل (7) يوضح الجدار العازل لغرفة التشكيل
5- تدفق الزجاج المصهور من فتحة التغذية	6- الهيئة البنائية للمنتج

	
شكل (8) يوضح فتحة التغذية	شكل (9) يوضح ان المنتج مكون من طبقات
7- حركة المنضدة في الاتجاهات الثلاثة	8- توقف تدفق الزجاج المصهور عند الانتهاء من التشكيل
	
شكل (10) يوضح عمود الدوران المتحكم في حركة المنضدة	شكل(11) يوضح انهاء التدفق عن طريق الهواء المضغوط عند فتحة التغذية

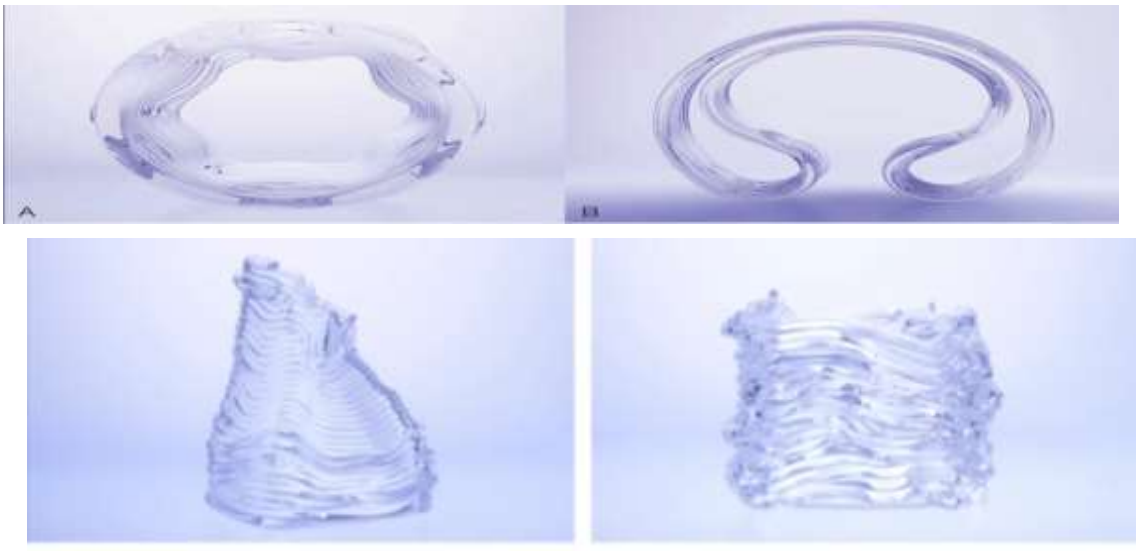
بدائل تصميميه:-

بناء الافكار التصميمية على برامج الحاسب الالي الهندسية ال CAD واستخدام المقاطع المختلفة لتنفيذ منتجات متنوعة في مظهرها واستخدامها تشمل اشكال فراغية متعددة (اسطوانية- نجميه –مخروطيه-دمج اشكال مختلفه- لف الاشكال حول محورها Y –تداخل الاشكال-حذف اجزاء منها.....الخ) للوصول الي منتجات جمالية ووظيفية مثل الفازات والطافيات ووحدات الاضاءة والاشكال النحتية.

شكل (12) يوضح التصميمات المقترحة على شاشة الحاسب الآلي

شكل (13) يوضح المنتجات الزجاجية المنتجه بال **G3DP**

المنتجات شملت (منتجات نحتيه –فازات- طفايات – وحدات اضاءة)



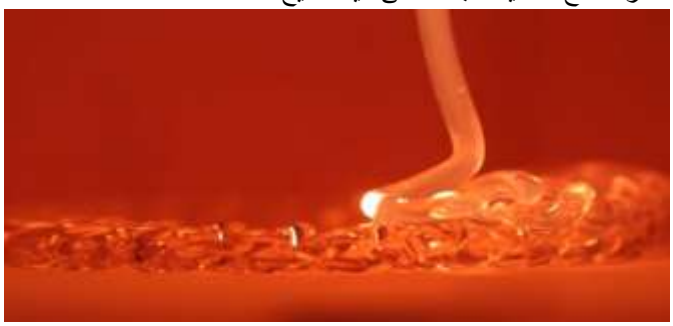
شكل (14) يوضح تصميمات نحتيه مجسمه

شكل (15) يوضح منتجات فازات

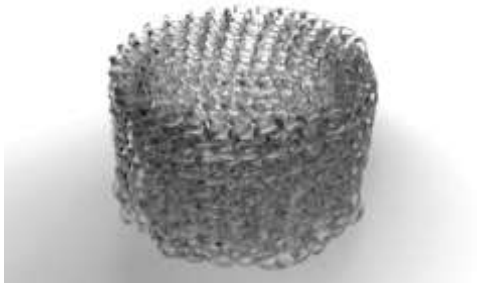
اختبار الصدمة فاثبت ان منتجات **G3DP** تتميز بمقاومة جيدة للكسر

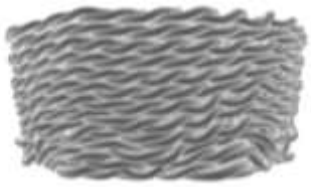
شكل (16) يوضح اختبار الصدمة للزجاج ثلاثي الابعاد المطبوع بالطابعه **G3DP**

وقد تم اجراء العديد من التجارب ومنها تجربة تقوم على ازدواج حركة دوران فتحة التغذية حول محورها Y وحول اطار المنتج لتشكيل طبقاته على هيئة نسيج متداخل.



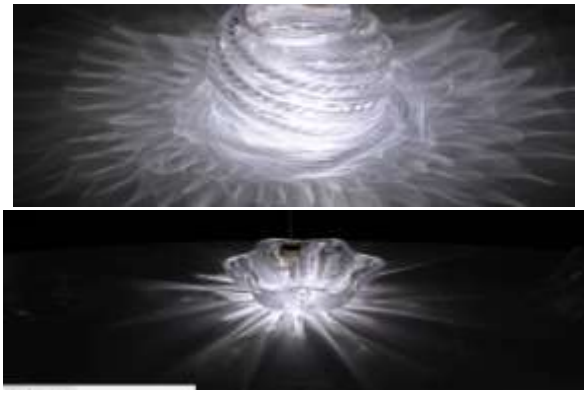
شكل (17) يوضح التجربة التي تقوم على ازدواج الحركة



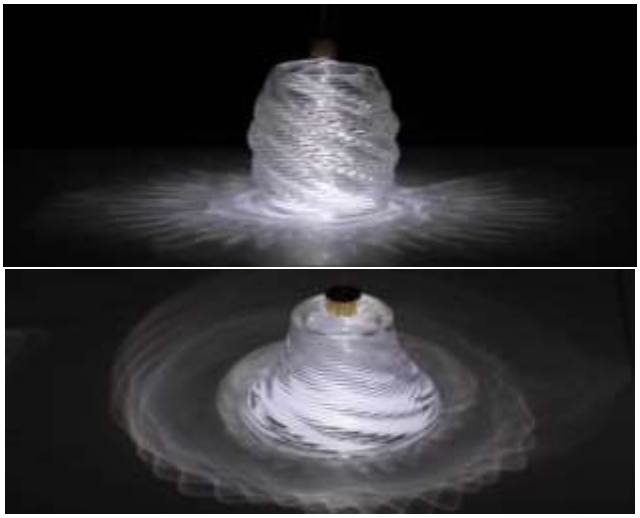


شكل (18) يوضح المنتج الزجاجي النهائي

ومن المنتجات التطبيقية لهذه التقنية انتاج وحدات اضاءة ذات طابع فني فردي له اشكال جمالية مختلفة لانعكاس وانكسار الضوء



شكل (19) يوضح وحدات تصلح كوحدات اضاءة



شكل (20) يوضح وحدات اضاءة مفردة

ومنها تجربة تقوم على التحكم في قطر فتحة التغذية وبالتالي قطر الزجاج االمشكل للمنتج بسمك 100 ميكرون

وإنتاج بنية شفافة أكثر كثافة ، ويستنبط من هذه الصناعه الياف زجاجية تستخدم في الواجهات الزجاجية للمباني تسمى Micron3DP

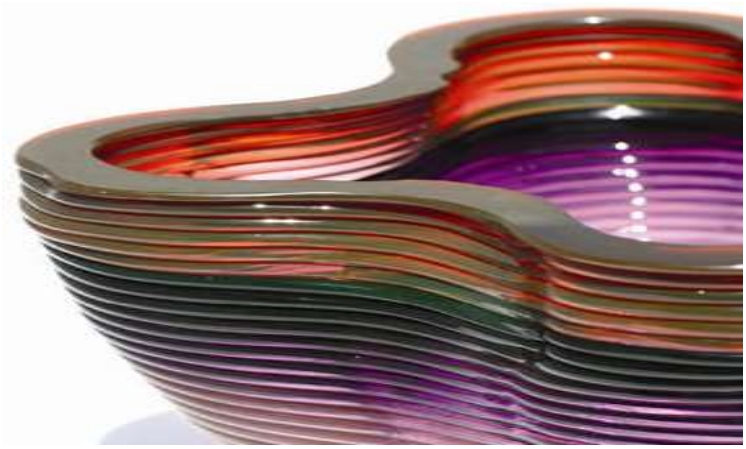
شكل (21) يوضح منتجات بالالياف الزجاجية تسمى Micron3DP

شكل (22) يوضح مسقط افقي لوحدة منتجه بال تسمى Micron3DP تصلح كوحدة تكرارية للاضاءة

ثم تطور الامر للطباعه بالخيوط الزجاجية قطرها 1.75مم طباعة ثلاثية الابعاد تتميز بالشفافية مما يسمح 90٪ من الضوء المرئي ينفذ والقوة وزنها 750 gms وله مقاومه حرارية وتصميماتها ذات طابع فني.

اشكال (23) توضح تطور الطباعة بالخيوط الزجاجية ثلاثية الابعاد

انتاج الزجاج الملون بتقنية ال**G3DP**



شكل (24) يوضح طبق فني بزجاج متعدد الالوان بتقنية الG3DP

انتاج الزجاج الملون بتقنية ال Micron3DP

شكل (25) يوضح وحدة جمالية بزجاج ملون بتقنية ال Micron3DP

النتائج :-

–التوصـل إلي التأكيد على ان الريادة في الفكر الابداعي لا تأتي الا باسـتخدام التكنولوجيا المسـتحدثة كمنطلق لكل جديد ومبتكر في مجال الزجاج.

–التعريف بتقنية الطباعة ثلاثية الابعاد للزجاج G3DP لفتح مجالات تطبيقية جديدة في مجال الزجاج لاستخدامها واستغلالها لخدمة المجتمع.

– مواكبة التطور التكنولوجي اولا باول لمتابعة الركب والتميز دائما لمصمم الزجاج.

–ولقد اوصى البحث بتوجيه الطلبة والدارسين بالاهتمام بكل ما هو جديد ومبتكر في التكنولوجيا الحديثة والاستفادة منها في مجالات التصميم المختلفة.

المراجع:–

1- Brian Krassenstein , G3DP Project: Mediated Matter & MIT Glass Lab Develop Advanced Glass 3D Printer, | Aug 20, 2015 .
2- John Klein et al , Printing molten glass ,3D Printing and Additive Manufacturing).
3- An “Additive Manufacturing of Optically Transparent Glass” patent application was filed on April 25, 2014.
4- https://www.linkedin.com/pulse/new-method-3d-printing-glass-brings-further-already-market-whalley
5- https://www.slashgear.com/glass-3d-printing-method-unveiled-by-mit-2139856
6- http://www.kurzweilai.net/mit-researchers-invent-process-for-3d-printing-complex-transparent-glass-forms
7- http://www.freedawn.co.uk/scientia/2015/09/14/printing-transparent-glass-in-3-d/
8- http://shop.3dfilaprint.com/hdglass-clear-175mm-3d-printerfilament-by-formfutura-1237-p.asp