

PVC 스크랩의 재활용 촉진을 위한 기계적 물성에 관한 연구

†계형산 · 이용무 · 한재명* · 홍석원** · 김영수** · 이동현*** · 배종욱***

목원대학교 신소재화학공학과, *선진기업(주), **(주)PPI 평화, ***성균관대학교 화학공학부

A Study on Mechanical Properties for Recycling of PVC Scraps

†Hyoungsan Kye, Yong Moo Lee, Jaemyung Han*, Suk won Hong**, Yungsoo Kim**,
Dong hyun Lee*** and Jong wook Bae***

Department of Advanced Chemical Engineering, Mok Won University

**Sun Jin Concrete Co. Ltd.*

***PPI Pyunghwa Co. Ltd.*

****School of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University*

요 약

수명이 다하거나 용도 폐기에 의해 버려지는 PVC 스크랩은 분쇄 후 저급 제품으로 재생산되는 경우가 대부분이고 발생 원인별 물성에 관한 연구가 적은 현실이다. 본 연구에서는 의복용, 파이프 및 이음관류, 프로파일, 다양한 경질 PVC 등 수명이 다하여 발생하는 폐 PVC 스크랩을 신재 수지에 투입되 투입되는 스크랩 함량의 변화에 따른 물성을 관찰하였다. PVC 스크랩의 기계적 물성은 스크랩의 함량이 증가함에 따라 인장강도 및 충격강도가 모두 낮아지는 결과를 나타냈다. 충격강도는 Cloth insert scrap (CC) > PC (Pipe scrap) > RC (Rigid scrap), 인장강도는 PC > CC > RC, Vicat 연화온도는 경향성이 없음을 나타냈으며, CC 소재는 스크랩 함량이 50 phr일 때 신재 PVC 기계적 물성의 80 %에 이르는 물성을 나타내었고, PC 소재는 스크랩 함량이 50 phr일 때 신재 PVC 인장강도의 50 % 수준임을 알 수 있었다

주제어 : PVC, 스크랩, 재활용, 기계적특성

Abstract

There are few studies on the effects of different sources of PVC scraps generated after the end-of-life PVC products and these scraps are used to prepare PVC products of low quality. In this paper, rigid PVC scraps from different sources such as clothes, pipes, and others were investigated to incorporate into virgin PVC compounds as a part of efforts to recycle various PVC scraps effectively. It was found that the tensile strength and impact strength of the PVC compounds generally decreased with increasing the content of PVC scraps. The impact properties of scrap were in order of CC > PC > RC, tensile strength were PC > CC > RC and Vicat softening temperature shows no specific tendency. CC scraps contents of 50 phr of virgin PVC resin showed 80 %, and PC scrap with 50 phr of virgin resin showed 50% of the mechanical properties with virgin PVC.

Key words : PVC, scrap, recycle, mechanical property

· Received : September 14, 2015 · 1st Revised : October 26, 2015 · 2nd Revised : November 23, 2015 · Accepted : December 1, 2015

†Corresponding Author : Hyoungsan Kye (E-mail : hskye@mokwon.ac.kr)

Applied Chemical Engineering, Mok Won University, 88 Doanbuk-ro, Seo-gu, Daejeon, 35349 Korea

©The Korean Institute of Resources Recycling. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

환경에 대한 심각한 문제점이 대두되면서 관심이 높아지고 있는 분야는 여러 가지 산업 생산물에서부터 배출되는 폐기물의 처리이다. 특히, 산업의 발전과 국민 생활수준의 향상으로 인하여 배출되는 폐기물량이 크게 증가하였고, 그 종류 또한 다양화되고 있다. 플라스틱은 가격이 저렴하고, 가벼우며 내구성이 우수하여 다양한 용도의 제품으로 가공이 용이한 재료이다. 그 결과 1940년대 이후 지난 70여 년간 플라스틱 생산량은 급격히 증가해 왔으며 플라스틱 쓰레기 발생량 역시 급격히 늘어나는 추세이고, 환경에 대한 문제 역시 급격히 늘어나고 있다.

그 중에서 토목용, 건축용, 산업용, 농업용 및 가정용으로 널리 사용되는 Polyvinyl Chloride (이하 PVC라 함) 수지는 1835년 프랑스의 Regnault가 처음 합성한 이래 다양한 상업화 시도가 있었으나 상업화에 어려움을 겪다가 1934년 Union Carbide 사가 납계 안정제와 금속염계 안정제를 적용한 후 2차 대전을 거치면서 PVC 수지의 사용이 급격하게 늘어나게 되었다.¹⁾ 그 후 산업의 발전에 따라 PVC 수지는 금속, 유리, 목재, 종이, 천 등을 대신하는 튼튼하고 가벼운 소재로, 현재는 범용 플라스틱의 하나로 70년 이상 동안 인류생활을 풍요롭게 만드는 다양한 제품에 사용되고 있다. 저렴한 가격과 우수한 물성으로 널리 사용되는 PVC 제품은 2012년 전 세계적으로 5,210만 톤의 생산능력에서 수요가 3,870만 톤, 실제 생산은 3,790만 톤을 하였다. 국내의 PVC 총 생산 능력은 142만 톤으로 발표된 바 있다.²⁾

일반적으로 PVC 소재는 타 플라스틱과 같이 내구성 소재로 사용되고 있으며, PVC 제품의 상당수는 제품의 내용연수가 15년 이상이고 내구연한은 약 50년을 상회하는 소재로 다양한 용도에 적용되고 있는 현실이다. 특히, PVC 상·하수도관은 그 수명이 50년 이상인 장수형 제품이면서 건축물의 내부나 지하 또는 벽체에 삽입되어 사용되는 특징 때문에 제품의 수명이 건축물의 수명과 같이하는 특이한 경향을 가진다. 또한 PVC 건축자재는 주로 건축물의 시공과정에서 사용되고 있으므로, 폐제품의 배출 또한 건축물이 철거되거나 재건축될 때, 그리고 내부인테리어 교체 시에 주로 배출된다. 또한, 생산 공정상의 스크랩이나 제품 조립 등의 가공과정에서도 일부 배출되며, 최근에는 일반가정에서 직접 교체하고 난 폐제품들도 배출되고 있다. 이와 같이 제품의

내구연한에 따라 폐기되는 제품과 건축물의 개선 시 발생하는 폐제품, 그리고 가정에서 배출되는 생활계 폐제품 등으로 PVC 폐기물의 발생이 급증하고 있는 현실이다.^{3,4)} EU의 2011년 발표에 의하면 2008년 유럽의 폐PVC 발생량은 약 260만 톤 정도로 전체 건축 폐기물 중 약 0.4 % 정도인 것으로 나타났다.⁵⁾ 국내의 PVC 생산량은 142만 톤이고 자체 사용량은 파이프/바닥재/프로파일 55만 톤을 포함하여 약 80만 톤, 수출은 55만 톤 정도로 발표되고 있고, 그 중 발생량은 주된 세 가지 용도에서 매년 약 12만 여 톤이 발생하고 있으며, 이중 약 8만 6천여 톤이 재활용되는 것으로 발표되고 있다.²⁾

PVC는 열안정성이 낮아 가공 시에 황변 현상이 심하고 분해에 따른 물성 저하가 쉽게 일어나며 염소가스 등이 발생하여 가공기기를 부식시키는 큰 단점을 갖고 있다. 따라서, 안정제, 가소제, 가공조제 등 다양한 첨가제를 이용하여 PVC의 이러한 단점을 개선하고 있으며, 폐PVC를 매립 또는 소각으로 처리할 경우 이러한 첨가제가 누출 또는 기화되어 환경에 많은 해를 끼치게 된다. 또한 PVC는 소각 시 염화수소가 발생하고 맹독성 발암 물질인 다이옥신이 발생할지도 모른다는 우려 때문에 소비자들로부터 환경 유해 물질로 의심받고 있는 물질로써 PVC 폐기물을 그대로 방치할 경우 주변 경관의 손상, 토양 및 환경의 오염 등의 환경문제와 소각 시 대기 오염 등의 여러 가지 문제가 발생한다.⁶⁾ 따라서 이를 해결하기 위한 효율적인 처리방법을 찾기 위하여 연구를 진행하고 있으나, 환경적, 열적 특성, 혼합 폐플라스틱 분리 등의 문제점으로 인해 효과적 재생이 어려워 완벽한 방법으로 제시된 기술이 없는 실정이고 따라서 재사용 및 매립 외에는 특별한 대안이 없는 현실이다.⁷⁻⁹⁾

본 연구에서는 발생하는 폐 PVC 소재의 물질재활용을 위한 기초 연구로써 발생하는 폐 PVC 스크랩의 기계적 물성과 신재 PVC 소재와 혼련하되 스크랩의 함량에 따른 복합재의 물성 변화를 관찰하고자 하였으며, 스크랩 함량에 따른 적절한 재활용 제품으로 적용하고자 하였다.

2. 실 험

2.1. 재료

본 연구에서는 다양하게 사용되는 PVC 제품을 경질과 연질로 나누고 경질은 상·하수도관 등의 관류, 창틀

Table 1. The composition ratio of rigid PVC scrap used in this study

				
0.099 kg	0.158 kg	0.062 kg	2.601 kg	0.012 kg
				
0.122 kg	1.188 kg	0.121 kg	0.442 kg	
Total weight			5 kg	

등의 창호재, 그 외 기타 경질 용도의 제품 및 의복용 경질 시트로 구분하였고, 연질은 바닥재 등의 시트류와 농업용 필름류 등으로 분류하였다. 본 연구에서는 경질 스크랩 중 수거가 용이하고 물성이 잘 알려져 있는 파이프류와 창호재, 문틀 및 의복용 경질 시트로 범위를 한정하였다. 경질 스크랩 중 관류, 창틀 등의 창호재 외의 기타 경질 용도 제품 스크랩 5 kg 분쇄품을 수작업으로 분류하여 중량을 측정하고, 여러 종류의 경질 PVC 수지가 섞여 있었고 이를 Table 1에 나타내었다. 기타 경질 스크랩은 제품의 용도별 분리가 쉽지 않아 분리하지 않은 상태로 분쇄한 후 이를 그대로 실험에 사용하였다.

본 연구에 사용된 PVC 스크랩은 의복용 인서트(insert)

로 사용되던 경질시트 스크랩(Cloth insert scrap, 이하 CC라 함), 상·하수관 등의 관류 스크랩(Pipe scrap, 이하 PC라 함)과 기타 경질 스크랩(Rigid scrap, 이하 RC라 함) 등 3종류를 실험에 사용하였다. 수거된 스크랩은 톱날에 의한 1차 절단 후, 분쇄기를 이용한 1차 분쇄를 통하여 2 cm 이내의 분쇄물로 절단 후 2차 분쇄를 통하여 신재 PVC 수지와 같은 약 1 mm 이내의 입자 크기로 분쇄하였으며 이를 Fig. 1에 나타내었다.

본 연구에 사용된 PVC 스크랩 물성 비교를 위한 신재 PVC 수지로는 한화케미컬의 P-1000 수지를 사용하였다. 본 연구에 사용된 각 시료의 특성을 Table 2에 나타내었다.



Fig. 1. Post-consumer PVC scrap used in this study.

Table 2. The characteristics of material used in this study

	Contents	Form	Source
RC	Various Rigid PVC	scrap powder	Nam Yang
PC	Pressure/non pressure Pipes	scrap powder	PPI
CC	Cloth insert	scrap powder	Nam Yang
P-1000	Virgin resin	Fine powder	Hanhwa Chemical

Table 3. Basic formulation for sample preparation

Classification (phr)	Contents
P-1000(phr)	100
Stabilizer, complex (phr)	5
Impact modifier (phr) MBS (Methyl methacrylate Butadien Styrene)	8
Processing aids (phr)	2
Filler (phr)	2

제시한 배합비에 따라 시료를 제조한 후 실험에 사용하였다.

시편 제조 공정은 Table 3의 배합비에 따라 각각 준비된 배합물을 (1) Henschel 믹서에서 2100 rpm, 120°C로 혼련하였다. (2) 혼련된 배합물은 mixing roll에서 6분간 190°C로 2차 혼련하면서 roll mill로 가압하여 시트를 제작하였다. (3) 제작된 시트 4장을 적층한 후, 195°C에서 3분간 mold press로 가압하여 3 mm 두께의 평판을 제작하였으며 제작된 시험편은 Fig. 2에 나타내었다.

2.2. 시험편 제작

PVC 스크랩의 물성 비교를 위하여 일반적인 PVC 파이프 기준 배합인 PVC 수지 100 중량부(이하 phr이라 함) 기준으로 안정제, 충격 보강제 등을 Table 3에

2.3. 기계적 물성

본 연구에 사용된 PVC 스크랩의 용도별 물성을 신재 PVC 수지로 만들어진 시험편과 상호 비교 하였다.

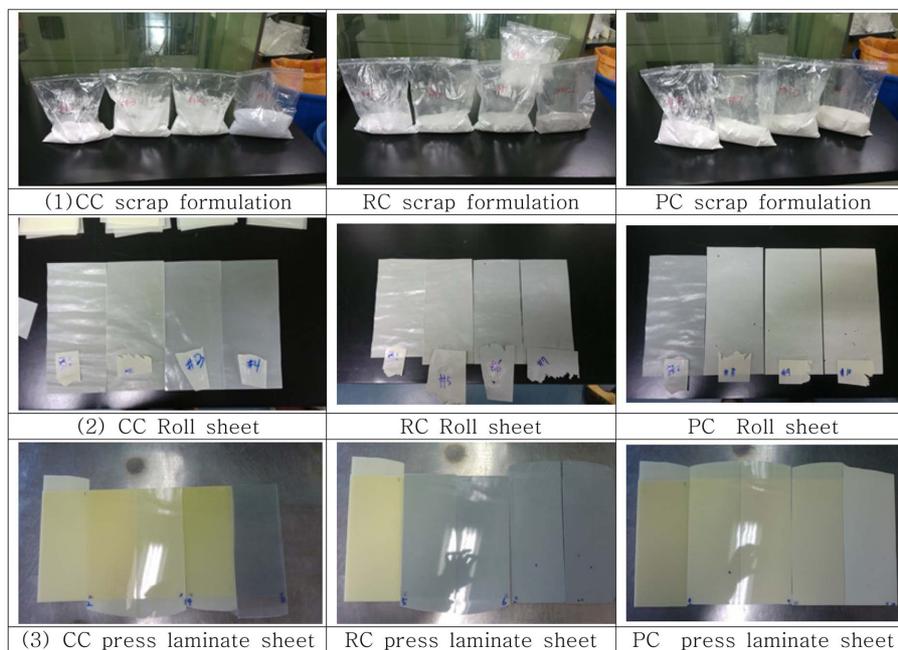
**Fig. 2.** The post-consumer PVC scrap formulation and specimen preparation.

Table 4. The mechanical properties of post-consumer PVC scraps

Classification	P-1000	CC scrap	RC scrap	PC scrap
Base formulation (phr)	100	100	100	100
IZOD Impact strength (kg·cm/cm)	47.9	20.1	5.7	13.3
VST (°C, 5 kgf)	84.4	62.8	83.9	87.2
Tensile strength (kgf/cm ²)	532	454	305	490

비교 물성인 인장강도, IZOD 충격강도 및 Vicat 연화 온도(Vicat Softening Temperature, 이하 VST라 함) 시험 방법은 KS M 3401(수도용 경질 폴리염화비닐관)에 따라 시험하였다. 인장 시험은 Testometric사의 Tensile Tester (MICRO 350 Model)를 사용하였고, Cross-head speed는 12.5 mm/min로 하였고, 충격시험은 Notch Maker (기배무역, KPM-080 Model)을 이용하여 시편에 Notch를 낸 후 IZOD 충격시험기(대경 테크, DTI-602 Model)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. PVC 스크랩의 물성

본 연구에 사용한 PVC 스크랩의 용도별 물성을 신재(P-1000)로 만들어진 시험편과 비교하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

신재 PVC와 스크랩 소재의 VST는 83°C로부터 87°C까지 오차 범위에서 나타났으며 신재와 스크랩 사이에서 큰 차이가 발생하지 않았다. CC 스크랩의 경우 VST가 신재 대비 약 20°C 정도 낮은 결과를 나타냈으며 이는 의복용으로 사용하기 위해 연성을 높이기 위한 고무계 보강제가 들어갔던 것으로 판단되었다. 충격 강도 시험 결과는 큰 차이가 발생하였다. 신재의 IZOD 충격강도가 47.9 kg·cm/cm인 반면 CC 스크랩은 20.1 kg·cm/cm로써 신재의 충격강도 대비 약 41 % 수준이었고, PC 스크랩은 13.3 kg·cm/cm, RC 스크랩은 5.7 kg·cm/cm로 신재 대비 각각 27% 및 12%의 충격 강도를 나타냈다. 이는 스크랩의 물성이 신재 PVC 수치보다 훨씬 낮게 나타났으며, 여러 종류의 PVC 스크랩이 섞여 있어 나타나는 결과로 판단된다. 인장강도 시험 결과 CC 스크랩과 PC 스크랩의 인장강도는 신재 보다 낮았지만 큰 차이를 나타내지 않았다. 다만 RC 스크랩의 경우 매우 낮은 결과를 나타냈으며 이는 RC 스크랩 구성의 경우 물성이 다른 다양한 경질 PVC 스크랩이 섞여 있어 나타난 결과로 판단된다. 기계적 물성 시험 분석 결

과에 의하면, CC 스크랩은 균일한 품질의 스크랩으로 RC 스크랩 및 PC 스크랩의 충격강도와 비교 시 충격강도가 매우 우수한 것으로 분석되었으며, 이는 의복용 인서트로 사용하기 위한 MBS계 충격 보강제가 배합되어 있었기 때문인 것으로 판단되었다. PC 스크랩 역시 파이프 및 이음관류에서 수거되어진 스크랩이기는 하지만 압력관, 비압력관, 이음관 등이 섞여 있고, 기존의 재생 수지를 사용하여 제작되었던 파이프류가 섞여 있어 물성이 낮은 결과로 나타난 것으로 판단된다. 따라서, 재활용의 관점에서 볼 때 CC 및 PC 스크랩은 물질재활용이 가능하지만 RC 스크랩의 경우 물성이 열악한 저급 스크랩으로 물질재활용을 하기 위해서는 별도의 처방이 필요한 것으로 판단된다.

3.2. PVC 스크랩 함량 변화에 따른 기계적 물성

본 연구의 대상 스크랩의 적용 용도 결정 및 필요한 물성 향상을 위하여 Table 3에 제시한 배합비를 사용하였다. 신재 PVC 100 phr을 기준으로 세 종류의 스크랩의 함량을 각각 10, 30, 50 phr로 증가시키면서 배합한 후, 2.2 시험편 제작의 조건으로 각각의 시트와 평판을 제작하였다. 제작된 시험편의 인장강도, VST 및 IZOD 충격 강도를 비교 측정하되 시험방법은 KS M 3401(수도용 경질 폴리염화비닐관)에 따랐으며, 그 결과를 아래의 Tables 5~7과 Fig. 3~5에 나타내었다.

(1) CC scrap

CC 스크랩은 신재에 투입된 스크랩의 함량이 증가함에 따라 기계적 물성이 저하되는 현상을 보였으나, 스크랩 자체만의 기계적 물성 보다는 높은 결과를 나타내었다. IZOD 충격강도는 스크랩의 함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으나 감소폭은 낮은 것으로 나타났으며, 인장강도 역시 충격강도와 마찬가지로 스크랩의 함량 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. Vicat 연화온도 역시 스크랩의 함량 증가에 따라 감소하는 경향으로 나타났다. 그러나, 스크랩 100 phr의 경

Table 5. The mechanical properties of CC scrap

Classification	P-1000	CC			
		CC-1	CC-2	CC-3	CC
Base formulation (phr)	100	100	100	100	0
Scrap contents (phr)	0	10	30	50	100
IZOD Impact strength (kg·cm/cm)	47.9	45.1	43.2	42.6	20.1
VST (°C, 5 kgf)	84.4	82.6	79.2	77.4	62.8
Tensile strength (kgf/cm ²)	532	517	492	495	454

Table 6. The mechanical properties of RC scrap

Classification	P-1000	RC			
		RC-1	RC-2	RC-3	RC
Base formulation (phr)	100	100	100	100	0
Scrap contents (phr)	0	10	30	50	100
IZOD Impact strength (kg·cm/cm)	47.9	20.3	17.9	10.9	5.7
VST (°C, 5 kgf)	84.4	84.3	83.8	84.3	87.2
Tensile strength (kgf/cm ²)	532	414	396	373	305

Table 7. The mechanical properties of PC scrap

Classification	P-1000	PC			
		PC-1	PC-2	PC-3	PC
Base formulation (phr)	100	100	100	100	0
Scrap contents (phr)	0	10	30	50	100
IZOD Impact strength (kg·cm/cm)	47.9	29.1	24.9	23.6	13.3
VST (°C, 5 kgf)	84.4	84.7	84.7	85.4	87.2
Tensile strength (kgf/cm ²)	532	506	509	506	490

우보다는 감소폭이 낮은 것으로 나타났다. 특히 CC-2와 CC-3는 충격강도와 Vicat 연화온도는 다소 낮아지고 인장강도는 높은 것으로 나타났으나 오차 범위 이내의 차이로 유의한 변화가 없는 것으로 판단되며, 이는 기존의 의복 인서트 용도로 사용하기 위한 첨가제가 본 실험의 20 phr 증가에 따라 유의한 차이를 나타내지 못한 것으로 판단된다.

(2) RC 스크랩

RC 스크랩은 가장 물성이 낮은 스크랩으로 스크랩이 10 %만 투입이 되어도 충격강도 및 인장강도가 급격히 낮아지는 경향을 보인다. 이는 RC 스크랩의 기본 물성

이 매우 낮음을 의미하고 이는 사용 용도가 서로 달랐던 다양한 경질 스크랩이 섞여 있기 때문으로 판단된다.

따라서, RC 스크랩의 경우 물리적 재활용을 할 경우 신재 또는 타 스크랩을 활용하거나 혹은 첨가제를 처방하여 사용하여야 할 것으로 판단되었다. 반면, VST는 스크랩의 함량 변화에 따른 특별한 상관관계를 찾기가 어려웠다.

(3) PC 스크랩

PC 스크랩은 신재 PVC 대비 스크랩의 함량이 증가함에 따라 충격 강도와 인장강도가 낮아지는 현상을 나타냈다. 스크랩 함량의 증가에 따라 감소하되 CC 스크

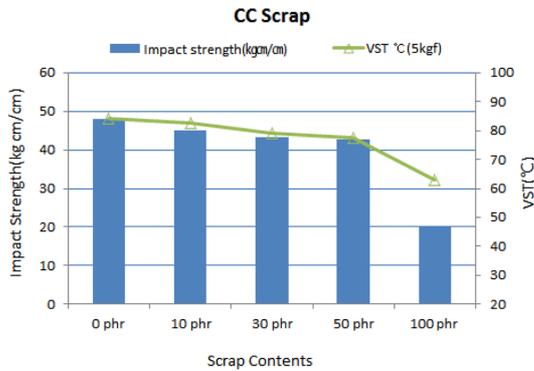


Fig. 3. The IZOD impact and VST properties of CC scrap.

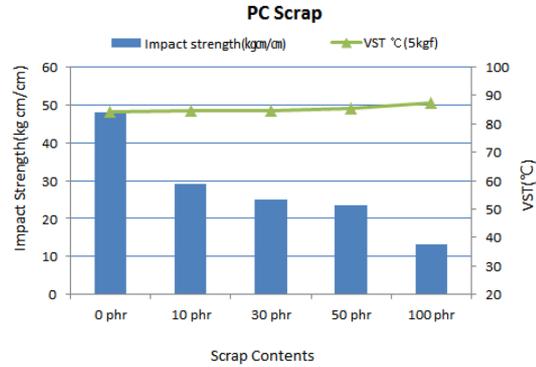


Fig. 5. The IZOD impact and VST properties of PC scrap.

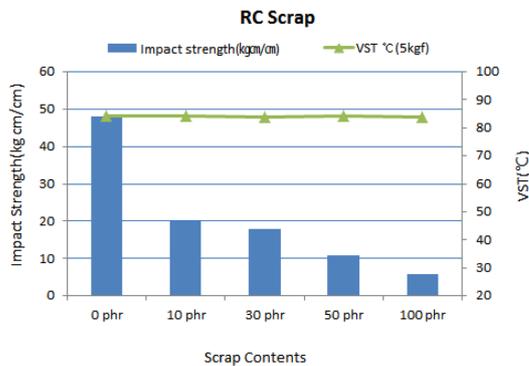


Fig. 4. The IZOD impact and VST properties of RC scrap.

랩과 RC 스크랩에 비해 중간정도의 감소폭을 나타내었다. 그러나, 타 스크랩과 달리 PC 스크랩의 경우는 인장강도와 VST에서는 스크랩의 함량에 따른 유의한 연관성을 찾기가 어려웠다.

스크랩의 함량 변화에 따른 인장강도, 충격강도 및 VST의 변화를 비교 분석한 결과, 본 연구의 세 가지 스크랩 모두 스크랩의 함량이 증가함에 따라 충격 강도가 저하되는 결과를 얻었다. 그러나, CC 스크랩은 자체의 충격강도가 높아 타 스크랩에 비해 충격강도의 감소

폭이 낮은 특징을 보이고, RC 스크랩과 PC 스크랩은 자체 충격강도가 낮아 스크랩의 함량이 증가함에 따라 감소폭이 크게 나타나는 특징을 나타내었다. 인장 강도의 경우도 스크랩의 종류에 상관없이 스크랩의 함량 증가에 따라 인장강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 반면 VST는 스크랩 함량의 변화에 따라 유의한 경향성이 없는 것으로 분석되었다.

3.3. PVC 스크랩을 활용한 물리재활용 응용

본 연구에 사용되었던 각 스크랩의 함량별 물성 분석 비교 결과를 post-consumer PVC 스크랩의 물질재활용에 적용하여 보았다. PVC 스크랩을 적용한 기존의 제품은 다양한 분야에 적용된 바 있지만, 본 연구에서는 기존의 제품으로의 적용 보다는 새로운 분야의 제품에 적용하고자 하였다. CC 스크랩은 세 가지 스크랩 중 충격강도가 가장 높았고, PC 스크랩은 인장강도가 높은 특징을 보였다. 따라서 CC 스크랩은 이음관의 충격 흡수층에, PC 스크랩은 시추코어 박스의 생산에, 그리고 RC 또는 PC 스크랩은 수로용 캡의 생산에 적용하여 보았으며 이를 Fig. 6에 나타내었다.



Fig. 6. Recycled product make use of CC, RC and PC scraps.

4. 결 론

본 연구는 post-consumer PVC 스크랩을 재활용하기 위한 기초 물성 연구로써 용도가 달리 사용되었던 세 가지 PVC 스크랩의 기본 물성 및 스크랩 함량의 변화에 따른 기계적 물성의 변화를 관찰하였다.

PVC 스크랩의 VST는 신재 PVC 수지와 비교할 때 의복용으로 사용되었던 CC 스크랩을 제외하고는 변화가 거의 없었다. PVC 스크랩의 인장강도는 신재 수지와 비교할 때 낮은 결과를 나타냈으며 특히 여러 종류의 경질 PVC 스크랩으로 구성되어진 RC 스크랩의 경우 매우 낮은 결과를 나타내었다. 인장강도는 Virgin > CC > PC > RC의 순서로 나타났으며 수거된 스크랩의 품질에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. PVC 스크랩의 충격강도 역시 신재 수지와 비교할 때 매우 낮은 결과를 나타냈으며, RC 스크랩의 인장강도가 매우 낮은 결과를 나타내었다.

PVC 스크랩의 함량에 따른 물성 변화 시험 결과, 세 가지 스크랩 모두 신재 수지에 투입된 스크랩의 함량이 증가함에 따라 충격강도와 인장강도가 감소하는 결과를 나타냈다. CC 스크랩은 스크랩의 함량이 50%까지 증가하더라도 인장강도와 충격강도의 감소폭이 크지 않았으며, VST는 변화의 유의성을 찾을 수 없었다. PC 스크랩 역시 스크랩의 함량이 증가함에 따라 인장강도와 충격강도의 저하가 관찰되었다. PC 스크랩의 함량이 증가함에 따라 인장강도의 감소폭은 충격강도의 감소폭보다 낮은 결과가 관찰되었으며 VST는 CC 스크랩과 마찬가지로 유의한 변화를 관찰할 수 없었다. RC 스크랩은 스크랩의 함량 변화에 따라 물성의 변화가 크게 나타났다. 인장강도의 변화폭이 세 가지 스크랩 중 가장 높았으며, 충격강도의 변화폭도 가장 높은 것으로 관찰되었다.

감사의 글

본 논문은 환경부 글로벌탑 환경기술개발사업 중 폐 금속유용자원재활용기술개발사업의 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다(과제번호:GT-14-C-01-038-00).

References

1. Hopewell, J., et al, 2009 : *Plastics recycling: challenges and opportunities*, Phil. Trans. R. Soc. B, **364**, pp2115-2126.
2. KIET, KPIA final report, 2012 : *2012 Industrial competition for PVC industry*.
3. The VinylPlus Voluntary Commitment-June 2011 : *The Voluntary Commitment of the European PVC industry*.
4. Vinyl Plus, 2014 : *PVC recycling technologies*.
5. Leveson, I., 2007 : *Vinyl: 2020 Ten years later*, World Vinyl Forum III.
6. Lee, J., et al, 2002 : *Recycling technology of PVC waste*, Polym. Sci. Technol., **13**(3), pp332-341.
7. Shin, M. S., Jeon, H. S., 2004 : *Chemical structure and PVC shape after dehydrochlorination of PVC*, J. Korean Inst. Res. Recycling, **13**(3), pp37-42.
8. Chung, S-H, et al., 2013 : *Feedstock Recycling Technologies using Waste Vinyls*, J. Korean Inst. Res. Recycling, **22**(4), pp46-54.
9. Al-Salem, S.M., Lettieri, P., Baeyens, J., 2009 : *Recycling and recovery routes of plastic solid waste*, Waste Management, **29**, pp. 2625-2643.



계 형 산

- 1995년 University of Akron 고분자공학 박사
- 현재 목원대학교 공과대학 신소재화학공학과 교수



이 용 무

- 1995년 단국대학교 고분자공학 박사
- 2013년 지식경제부 기술표준원
- 현재 목원대학교 산학협력단 연구원



한 재 명

- 2012 오사카 대학 사회기반공학박사
- 현재 선진기업 대표이사



홍 석 원

- 1986년 강원대학교 산업공학과 학사
- 현재 PPI평화 기술연구소 연구소장(전무이사)



김 영 수

- 2001년 수원과학대학 공업경영 전문 학사
- 현재 PPI평화 기술연구소 부장



이 동 현

- 1994년 KAIST 화학공학박사
- 현재 성균관대학교 공과대학 화학공학부 교수



배 종 옥

- 2003년 포항공과대학교 화학공학박사
- 현재 성균관대학교 공과대학 화학공학부 부교수